中国空军百科全书

下卷

中国空军百科全书

下　卷

中国空军百科全书编审委员会

航空工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国空军百科全书. 下／《中国空军百科全书》编审委员会编. －北京：航空工业出版社，2005.11
ISBN 7-80183-656-1

Ⅰ.中… Ⅱ.中… Ⅲ.空军－百科全书
Ⅳ.E154-61

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 115931 号

中国空军百科全书

中国空军百科全书编审委员会

★

航空工业出版社出版发行
（北京安定门外小关东里 14 号／邮编：100029）
电话：010-64919539　64978486

全国各地新华书店经售

北京嘉年正稿图文设计有限责任公司制版
北京盛通彩色印刷有限公司印装
开本 889 × 1194 毫米 1/16
101.5 印张　4 300 千字
2005 年 11 月第 1 版
2005 年 11 月第 1 次印刷
印数 1－10 000
ISBN 7 － 80183 － 656 － 1
定价：890 元(上、下卷)

中国空军百科全书编审室

总　编	姚　卫			
副总编	范国安	于喜学	刘　杰	
责任编审	（按姓氏笔画排序）			
	丁景民	王世安	王利民	田熙伟
	张军堂	陆文至	陈元卿	罗柏轩
	庞延安	唐锦红	龚雪梅	程时旦
	程　榕			
图片编审	王立平			
外文编审	龚雪梅	王世安		
拼音编审	程　榕	庞延安	苑　菲	
体例编审	唐锦红	苑　菲		
索引附件	龚雪梅	苑　菲	唐锦红	白霜玉
装帧设计	王立平			

中国空军百科全书门类编审人员

空军军事思想

主　　编	何为荣
副 主 编	姚　卫　阮克庠
编审人员	(按姓氏笔画排序)
	王公圻　朱荣昌　闵增富　陆文至　章　俭
	董长军　董文先　鲁保坤　戴金宇
责任编审	龚雪梅

空军军事学术

主　　编	杨国海
副 主 编	孙宏伟　李忠利　林　岗　周　利　葛培华
	张治平　姚　卫　范国安
编　　委	(按姓氏笔画排序)
	王凤斌　王明亮　冯爱旺　吕长江　刘子荣
	刘　岚　杨善双　张力群　庞惠军　徐敏杰
	程军翔
编审人员	(按姓氏笔画排序)
	丁邦昕　丁　明　丁景民　于东岱　王世安
	王公圻　王立平　王永耀　王利民　王　良
	王炳勋　王家振　王靖华　牛新亚　巴建敏
	冯曰方　冯富海　皮德宽　刘　芳　刘奇志
	刘　金　刘剑波　刘道林　牟敦伟　孙　建

苏永安	杜宗震	杨恩荣	李四章	李践勇
肖广辉	吴春发	沈代平	张自维	张建平
陆文至	陆海之	陈元卿	陈本伟	陈立新
陈进学	苑　菲	林华俊	林家谦	金隽一
周正文	周绍元	郑凤植	赵荣献	胡世军
胡德彪	柳志忠	袁连胜	桂华元	夏尊君
钱泽宏	徐树军	徐维如	徐惠青	高君芝
唐锦红	陶永斌	龚德安	梁志平	董长立
董文先	程时旦	程　榕	简　节	管怀建
戴金宇				

责任编审　（按姓氏笔画排序）

田熙伟　张军堂　罗柏轩　庞延安　龚雪梅

中国人民解放军空军政治工作

主　　编　王祥富

副 主 编　卢　震　顾庆友　陈建国　卫转业　肖　楠　甄大闯　王并凤　刘书章　郇延文　梅广才　周　致

编审人员　（按姓氏笔画排序）

王志贤　王国贤　叶介甫　丛兆红　曲宝林　杨志生　李贵洲　欧阳如华　胡应征　黄国栋

责任编审　王利民

空军后勤

主　　编　乔泰阳

副 主 编　杨抗美　龚德安　杨绪金　张荣光　刘有峰　姚　卫

编审人员　（按姓氏笔画排序）

王利民　朱开炎　刘海洋　齐怀勇　安瑞卿

	李　可	李剑肆	张军堂	张晓东	陆文至
	陈　星	陈福州	苗金林	岳伟东	庞延安
	赵祥延	贾　玺	黄海笑	廖汝耕	
责任编审	程　榕				

空军装备工作

主　　编	吴家祥				
副 主 编	丁国年	张洪贺	马　军	毕雁翎	韩兴才
	沈加荣	张　剑	范国安		
编审人员	(按姓氏笔画排序)				
	王世安	田　义	田熙伟	孙传英	杨华珍
	李寿椿	李振林	沈加营	迟振华	张述文
	张振奇	陈旦初	罗柏轩	金兆丰	贺家源
	郭景尧	唐锦红	梁江航	梁新政	程慧力
	游建新				
责任编审	丁景民				

空军技术

主　　编	杨国海	吴家祥			
副 主 编	丁国年	周　利	马　军	孙宏伟	李公毅
	林　涛	丁长忠	张家凤	陈克伟	王维山
	张治平	姚　卫	范国安		
编　　委	(按姓氏笔画排序)				
	丁　立	王　军	王明亮	方　磊	石永亮
	司立福	刘可全	刘永坚	刘　岚	孙传英
	杨世瑛	杨善双	李　凡	张力群	张小宝
	张凤鸣	张文健	张步云	张继军	武维新
	赵建军	赵晋平	赵滨江	姚恒斌	贺　飞

袁义荣　　曹炳伦　　程慧力　　衡润先

编审人员　（按姓氏笔画排序）

丁邦昕　　丁　明　　丁晓峰　　于东岱　　马立东
王世安　　王玉民　　王立平　　王永生　　王永耀
王旭东　　王连克　　王国明　　王　征　　王树海
王家振　　王跃泉　　王颖龙　　王靖华　　牛新亚
尹　军　　卢海涛　　冯曰方　　司立福　　朱和平
朱建平　　任德生　　刘正军　　刘成勋　　刘志涛
刘　芳　　刘奇志　　刘　金　　刘春鸿　　刘道林
闫林海　　孙华志　　孙忠恕　　孙积滨　　孙润家
苏永安　　苏清友　　杨华珍　　杨恒刚　　杨恩荣
李有守　　李承统　　李晓波　　李　涛　　李践勇
吴才广　　吴子欣　　吴春发　　吴常信　　沈代平
张民锁　　张伟星　　张自维　　张兴民　　张建平
张振奇　　张惜春　　陆文至　　陈元卿　　陈旦初
陈润亮　　陈　蓓　　苑　菲　　林家谦　　罗永昌
金兆丰　　金兆恂　　金艳洁　　周发国　　周绍元
郑凤植　　郑楚和　　赵光兴　　赵志强　　赵荣献
赵　栩　　胡世军　　胡连连　　胡德彪　　相英坤
侯宪库　　贺家源　　袁连胜　　贾志国　　夏尊君
顾经琰　　徐炎祥　　徐树军　　徐家健　　徐　惕
高玉安　　高君芝　　高尚瑞　　郭营军　　黄　飞
黄春光　　龚德安　　康有信　　梁江航　　梁志平
蒋年平　　程　榕　　游建新　　谢苏明　　雷洪利
简　节　　鲍金河　　解成亮　　蔡　明　　魏余生

责任编审　（按姓氏笔画排序）

丁景民　　王利民　　田熙伟　　张军堂　　罗柏轩
庞延安　　唐锦红　　龚雪梅　　程时旦

空军军事环境

主　　编　李福林

副 主 编　孙宏伟　钟剑峰　姚　卫　范国安　于喜学

编　　委　(按姓氏笔画排序)

王锡友　刘　岚　李国强　李锡元　张建国
徐　庆　路成科

编审人员　(按姓氏笔画排序)

丁景民　王世安　王双喜　王立平　王利民
王家振　田熙伟　宁应惠　刘　健　刘　强
刘煜鸿　纪卫东　孙积滨　李友来　李双廷
李春普　张兴家　张军堂　张国杰　陆文至
陈锦荣　苑　菲　庞延安　郑楚和　徐进华
郭卫民　郭曙光　唐锦红　龚雪梅　崔春山
崔廉清　康有信　程　榕　鲁保坤　谢殿武

责任编审　程时旦

空军历史

主　　编　乙晓光

副 主 编　张治平　白景芳　姚　卫　范国安　刘　杰
郇延文　梅广才　汤先炳

编审人员　(按姓氏笔画排序)

丁景民　王玉成　王立平　王志贤　叶介甫
田熙伟　丛兆红　曲宝林　孙继文　杨志生
杨善双　李树山　李贵洲　张军堂　苑　菲
罗柏轩　胡应征　倪　智　高君芝　唐锦红
黄国栋　程时旦　程　榕

责任编审　(按姓氏笔画排序)

王世安　王利民　陆文至　陈元卿　龚雪梅

前 言

《中国空军百科全书》是中国军事百科系列的组成部分，是第一部全面系统地介绍中、外空军和空中军事斗争知识的专题性百科全书，是集空军领域各方面专业名词术语于一体的大型工具书，具有权威性、系统性和实用性的特点。它的问世，填补了空军军事理论建设的一项空白，对增进中、外空军学术交流，发展空军军事科学，具有十分重要的意义。

空军是以航空兵为主体，主要遂行空中作战任务的战略军种。涉及专业门类多，学科知识面广。随着空军在军事斗争中的地位和作用日益增强，世界各国越来越重视空军军事理论的研究和空军知识的普及。20世纪下半叶，一些国家先后从不同侧面，编纂出版了介绍空军或航空航天知识的百科全书。中国人民解放军空军于1991年出版《空军百科简编》，1995年出版《空军大辞典》，概要介绍了空军领域各方面的知识。根据中央军委关于军事百科系列化的要求，同时，为进一步适应空军建设和空中军事斗争的发展需要，1999年下半年，空军决定组织编纂内容更为广泛、详细的《中国空军百科全书》(以下简称《全书》)，并成立由空军司令员担任主任，空军以及司令部、政治部、后勤部、装备部、指挥学院有关领导参加的编审委员会，负责领导编纂工作。

《全书》编纂以马克思列宁主义、毛泽东思想、邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，坚持辩证唯物主义和历史唯物主义，突出中国空军的特点和风格，体现中国人民解放军空军建设50多年来的实践和理论，反映空军军事科学的最新研究成果，科学、准确地介绍中、外空军和空中军事斗争知识，为加强空军现代化建设服务，为提高空军广大官兵的政治、军事素质和科学技术水平服务，为普及国防教育服务。

《全书》编纂以空军军事科学体系为基础，兼顾专题百科全书性质、组织分工和读者对象等特点，经过充分研究论证，确定设立了总领条和8个知识门类、60

个学科单元，选收4 575个条目、1 900余幅图表，约430万字，辑为上、下2个卷本。另增编“空军（航空）人物”卷，供领导参阅和内部使用。基本内容：

——空军军事思想门类。主要包括毛泽东、邓小平、江泽民等领导人的空军军事思想；世界著名军事理论家和一些国家的空军军事思想；空军建设、运用的重要理论和观点等。

——空军军事学术门类。主要包括空军战略、战役、战术、指挥、军制、动员、军事训练、运筹，中国人民解放军空军法规，航空约章等方面的知识。

——中国人民解放军空军政治工作门类。主要包括空军政治工作发展史、组织、机构、工作、制度等方面的知识和获荣誉称号的空军英雄模范集体。

——空军后勤门类。主要包括空军后勤指挥、后勤保障、后勤供应、卫生勤务、军事交通、机场营房勤务等方面的知识。

——空军装备工作门类。主要包括空军装备管理、装备发展和科研、装备订货，航空机务，空军装备修理、军械和通用装备保障，航材保障等方面的知识。

——空军技术门类。主要包括空军技术基础理论，飞机、直升机，飞行技术，空中领航、轰炸，空中射击、航空侦察、地空导弹、高射炮、空降技术，空军雷达、电子对抗、通信技术，导航技术，空军指挥自动化技术，航空救生技术，空军防核化学生物武器技术，空军系统工程等方面的知识。

——空军军事环境门类。主要包括空军地理、测绘、气象等方面的知识。

——空军历史门类。主要包括中、外空军军史和战史，中国空军历史事件，中、外空军（航空）人物等方面的知识。

《全书》编纂贯彻“全空军动手，专业对口，分工协作，好中求快，质量第一”的方针。在《全书》编审委员会的统一领导下，空军机关、部队、院校和科研机构共同承担编纂任务，分别设立了编审机构。聘选有关领导、专家、专业工作者担任条目撰写人，按照准备（培训）、撰写、编审（初审、复审、终审、编辑加工）、总编出版四个阶段逐步展开。经过认真撰写条目释文和选配图表，逐级反复审稿把关和修订，力求定义准确、概念清晰、资料翔实，使其具备标准化和规范化功能。妥善解决了各种学术问题和门类间、学科间、学科相关条目间的交叉

问题，并保持各知识门类、学科的完整性和相互之间联系。共有300多名领导、专家、学者、专业工作者，1 800余名撰写人员参加了编纂和出版工作，是集体智慧的结晶。空军司令部编研室作为《全书》编审室，做了大量的组织、撰写、编审和保障工作。

为保证《全书》质量，在撰写和编审的基础上，按知识门类或学科陆续出版分册，广泛征求意见，进行跟踪研究，并集中组织了对各分册修改意见的收集和审定。在总编出版阶段，始终坚持《全书》的政治、学术、技术标准，以规范体例和文字表述、选图配图为重点，对所有分册进行了通审、增新、统编和修改加工。《全书》采用电脑制作、彩色印刷、以文为主、图文并茂、包装精美、用途广泛，做到了内容与形式的统一。为方便读者检索，《全书》条目按知识门类和学科顺序排列，正文之前设条目分类目录，正文之后编有条名汉语拼音索引、条名汉字笔画索引、条名外文索引和图表索引。

《全书》编纂得到中国人民解放军军事科学院有关部门和军内外许多领导、专家、学者、科研人员的指导帮助。曾担任过《全书》编委会主任的空军原司令员刘顺尧，担任过编委会副主任的空军原副司令员吴光宇、原副政治委员徐承栋等老领导，担任过编委会委员的胡传炎、江建曾、刘作新、邓铜山、房建国、张鹏、李学忠、张希光、阮克庠、李生、王怀龙等同志，担任过编审室主任的梁万义、王祖跃同志，以及参加过编审工作的朱奕宝、朱荣昌、朱宝鎏、鲁保坤、张顺、袁维诚、王德华、王步涛、王玉柱、翟洪、马继胜、李来亭、冯渊、仵荣彬、樊家文等同志，为《全书》的总体设计和编纂出版付出了大量心血。还有一些单位、个人为《全书》提供了珍贵的资料和图片。在此，表示真诚的敬意和谢忱。

《全书》出版之后，将根据空军建设、空中军事斗争、空军军事科学的发展和需要，适时进行修订再版，希望读者对不妥之处提出宝贵意见。

中国空军百科全书编审委员会

2005年11月11日

凡　例

一、编排

1．本书条目按知识门类和学科单元的顺序排列。

2．为反映条目的层次关系，便于读者按知识体系检索，本书设条目分类目录，并反映出条目的层次关系。例如：

军用飞机……………………655
　作战飞机………………657
　　战斗机………………657

3．条目分类目录中，各知识门类领条和学科领条名称为黑体字；未设领条的学科单元名称，以黑体字加六角括号〔〕表示；各学科内的知识分类标题，亦加六角括号〔〕表示。

4．空军(航空)人物学科条目按汉语拼音字母的顺序，辅以笔画排序法排列。

5．条目分类目录之前，载有本书的总论性文章——《空军军事科学》。

二、条目名称

6．条目名称通常是词或词组。例如："空军"、"作战飞机"。

7．条目名称上方加注汉语拼音；条目名称后附有外文名称。例如：

Kongjun zhuangbei

空军装备　(air force materiel)

8．条目名称为书名或需加书引号的，其外文名称以斜体字排出。

三、条目释文

9．条目释文力求使用规范的现代汉语，开头通常不重复条目名称。

10．较长的条目释文，通常设层次标题。

11．条目释文中使用的简化字，以国家语言文字工作委员会1986年10月重新发布的《简化字总表》为准。

12．军事和科学技术术语与《中国人民解放军军语》和《中华人民

共和国军用标准》基本一致。一般计量单位和科学技术符号以《中华人民共和国国家标准》（GB3100～3102—93）为准，并参考国际标准化组织的有关规定。尚未统一的术语暂从习惯用法。

13. 中国地名以中国地图出版社《中国地名录》（1994年）和《中华人民共和国行政区划简册》（2001年）为准。外国地名以商务印书馆出版的《外国地名译名手册》（1993年）和《世界地名图集》为准。古代地名在条目中第一次出现处注明现用名或目前所在国家（地区）。

14. 数字除习惯用汉语表示的以外，通常用阿拉伯数字。

15. 条目中的引文，通常注有详细出处。

16. 仅设条目名称或附有简要解释的条目为参见条。在正文中表述为：

fankongxi

反空袭 (counter air strike)　见防空。

在分类目录和索引中为：

反空袭（见防空）　74(73)

17. 一个条目的内容需要参见其他条目的，设随文参见。随文参见在释文中以楷体字标示。例如：“建立空中禁飞区，实施空中封锁、空中机动、空中巡逻，组织大规模实兵演习，展示空军威力等空中威慑行动，有的能直接达成一定的战略目的，有的可为实战取胜创造必要的条件。”

18. 条目释文出现的外国人名、地名，通常不附原文。外国人名在释文中第一次出现时，通常在姓的前面加外文名的缩写。例如：

G. 杜黑

四、图片

19. 条目释文中配有必要的图片和图表。

20. 书中图片（除线条图、地图外），通常署作者的姓名，作者不详的未署名。

五、索引和附件

21. 本书正文之后编有条名汉语拼音索引、条名汉字笔画索引、条名外文索引(INDEX OF ARTICLES)和图表索引，并附有繁体字与简化字对照表、中国地形图、世界地形图、世界主要空军基地表、计量单位表、元素周期表。

目　次

飞行技术

feixing jishu

飞行技术 (flight technique) 驾驶飞机的综合性技术。是完成任务、夺取空战胜利和保证飞行安全的重要条件。包括驾驶技术和战斗技术两个方面。驾驶技术是指使用机上杆、舵、油门等常规操纵装置，对飞机实施操纵控制的基础性飞行技术。包括起落航线飞行、特技飞行、编队飞行、仪表飞行、空中领航等技术。战斗技术是指在驾驶技术的基础上，使用机载电子和武器系统，对目标实施战斗行动的应用性飞行技术。包括对空中、地（水）面目标攻击、射击、截击、空战、侦察、轰炸、投（布）雷等技术。

对驾驶不同机种（型）飞行员的飞行技术要求重点不同。歼、强击机飞行员需熟练掌握特技、编队、仪表以及空中射击、攻击、截击、轰炸等驾驶技术和战斗技术；轰炸机飞行员重点掌握仪表、编队和轰炸飞行技术；运输机飞行员则应具有较高水平的起飞、着陆和仪表飞行等技术，并能进行全天候飞行，以保证正常的军事空运和飞行安全；飞行学员及新机改装的飞行员主要应掌握好基本驾驶技术，为尔后的技术训练和战术训练打下良好的基础。

飞行技术是伴随航空科技而发展的。1903年莱特兄弟进行首次有动力能留空的可控飞行，为飞行技术的发展奠定了基础。1910～1914年间，出现夜间飞行、水上飞行、炮兵观察校射、实弹轰炸以及特技飞行等。在第一次世界大战前，飞行技术成果已为军事所采用。第二次世界大战以来，飞行技术广泛用于战争，超音速飞机、直升机以及垂直起降飞机的驾驶技术日臻完善。随着航空科技的发展，许多新型飞机采用了推力矢量技术、电传操纵、全自动综合控制系统等新技术，飞行员驾驶飞机的方式发生了很大变化。飞行技术将随着执行任务的需要，不断提高和发展。（彭迪宇）

qifei

起飞 (takeoff) 飞机、直升机从开始滑跑（水平起飞）或从增大发动机功率的瞬间（垂直起飞）至离开地面，并上升到安全高度、达到安全飞行速度为止的加速运动过程。根据起始状态不同，分为普通起飞和连续起飞。从静止状态下的起飞称普通起飞，分为正常起飞、紧急起飞、强行起飞。着陆后接着实施的起飞称连续起飞。不同国家对安全高度标准有不同规定，中国为10～15米，美国、英国为15米或10.7米，俄罗斯联邦为25米。水平起飞过程分三点滑跑、两点滑跑、离陆及加速上升4个阶段。起飞过程受飞行员驾驶技术、飞机起飞性能、风速、风向、跑道条件及气温、气压等因素的影响。（姜照才）

shangsheng

上升 (climb) 飞机、直升机沿向上倾斜轨迹增加高度的飞行。亦称爬升。按飞行速度的变化，分为等速、减速和加速上升；按飞行方向变化，分为直线和转弯（盘旋）上升。不加说明时通常指等速的稳定直线上升。飞机的上升性能包括最大上升角、最大上升率、上升时间和升限等。上升是飞行器取得高度的基本方法。在战斗中充分发挥飞行器的上升性能，对取得高度优势具有重要意义。飞机上升的基本操纵方法：加大油门使发动机达到预定状态，同时柔和向后拉杆使飞机转入上升，当接近预定上升角（上升率）时，向前回杆，使飞机稳定在预定的上升角（上升率）上升。（闫学强）

pasheng

爬升 (climb) 见上升。

xiahua

下滑 (glide) 飞机发动机推（拉）力较小或无推（拉）力情况下，沿小角度向下倾斜轨迹降低高度的飞行。按飞行速度的变化，分为等速和减速下滑。不加说明时通常指稳定的等速下滑。飞机下滑性能包括下滑角、下降率、最大下滑距离和下滑时间等。下滑性能主要取决于升阻比，升阻比越大，下滑角越小，下滑距离越长。有利迎角的升阻比最大，下滑距离最长。有动力下滑时，增大推（拉）力，下滑角减小，下滑水平距离加长；减小推（拉）力则相反。飞行员常通过操纵驾驶杆、油门改变飞机迎角、下滑速度来改变飞机的下滑角、下滑距离。（孙胜利）

xiajiang

下降 (descent) 飞机沿向下倾斜轨迹降低高度的飞行。分直线和曲线下降。是飞行中经常使用的动作。例如：飞机着陆前，从一定高度到接近地面或规定的安全高度、加入起落航线转弯点的高度的飞行过程；复杂气象飞行穿云下降；空中飞行根据任务需要降低高度等。与上升相反，下降时发动机推（拉）力常小于空气阻力，其差值根据下降性质由飞机重力沿飞行速度方向的分力来平衡。基本操纵方法：收小油门到预定位置，同时柔和向前推杆使飞机逐渐接近预定的俯角（下降率）时，向后回杆，使飞机稳定在预定的俯角（下降率）下降。下降与下滑的区别，通常下降时飞机带有的动力大于下滑时的动力，下降速度大于下滑速度。（孙胜利）

zhuolu

着陆 (landing) 飞机、直升机从一定高度（通常为25米或15米）下滑并降落于地面直至停止滑跑的运动过程（水平着陆），或减小发动机功率使飞行器垂直下降到地面（垂直着陆）的过程。亦称降落。是一个不断降低高度和减小速度的过程，是起落航线飞行的重点，具有高度低、速度小、时间短、动作准确性要求高和飞行器上可参考仪表设备少等特点。



歼－8飞机着陆放减速伞 王立平摄

飞机水平着陆分下滑、拉平（从下滑状态转入平飞）、平飘（机轮距地面1米至0.2米左右高度上的一段飘飞）、接地和减速滑跑5个阶段。着陆过程受飞行员驾驶技术、飞机着陆性能、风速风向、气温、气压、能见度和跑道条件等因素的影响。

（姜照才）

fufei

复飞 (go-around) 飞机在着陆下滑阶段因某种原因而中止下滑，重新转入正常上升的飞行。分为指挥复飞和主动复飞。是处置下滑着陆阶段发生应急情况的一种手段，亦可作为驾驶训练的一种动作。复飞的关键是在速度较小和高度较低的情况下，保证飞机能迅速增速和安全上升。基本操纵方法：加大油门待速度增加到规定大小后，适当拉杆转入上升，收起起落架、襟翼等减速装置。低高度复飞时，应保持好飞行状态，看好地面，继续做好飞机接地的准备。

（姜照才）

huaxiang

滑翔 (gliding) 航空器在无动力或发动机停车后，在自身重力沿飞行速度方向的分力作用下，做降低高度的下滑飞行。亦称空滑。滑翔性能主要取决于滑翔比（下降1米高度前进的水平距离）。在无风无推（拉）力情况下，滑翔比等于升阻比。飞机在发动机停车下滑时，阻力增大，升阻比减小，滑翔比也减小，下滑角增大，下滑距离缩短。用有利迎角飞行升阻比最大，滑翔比也最大，下滑距离最远。

（郜朕祥）

konghua

空滑 (gliding) 见滑翔。

wending feixing

稳定飞行 (steady flight) 飞机的等速、直线飞行。亦称定常飞行。稳定飞行中飞行速度的大小、方向和飞机姿态都不随时间而变化。包括平飞、上升、下滑和直线下降侧滑等。稳定飞行时，要求飞行员正确分配注意力，全面照顾仪表指示和飞行状态，及时发现和修正偏差，柔和、准确地操纵驾驶杆、方向舵脚蹬和油门杆，严格保持飞行数据。

（孙胜利）

shuiping feixing

水平飞行 (horizontal flight) 飞机保持一定高度的水平直线飞行。通常专指等速稳定平飞。水平飞行的性能包括最大速度、最小速度、有利速度、经济速度和平飞速度范围等。平飞速度和速度范围随高度变化而变化。基本操纵方法：操纵驾驶杆改变飞机迎角保持飞行高度，同时操纵油门改变推（拉）力保持预定的飞行速度。

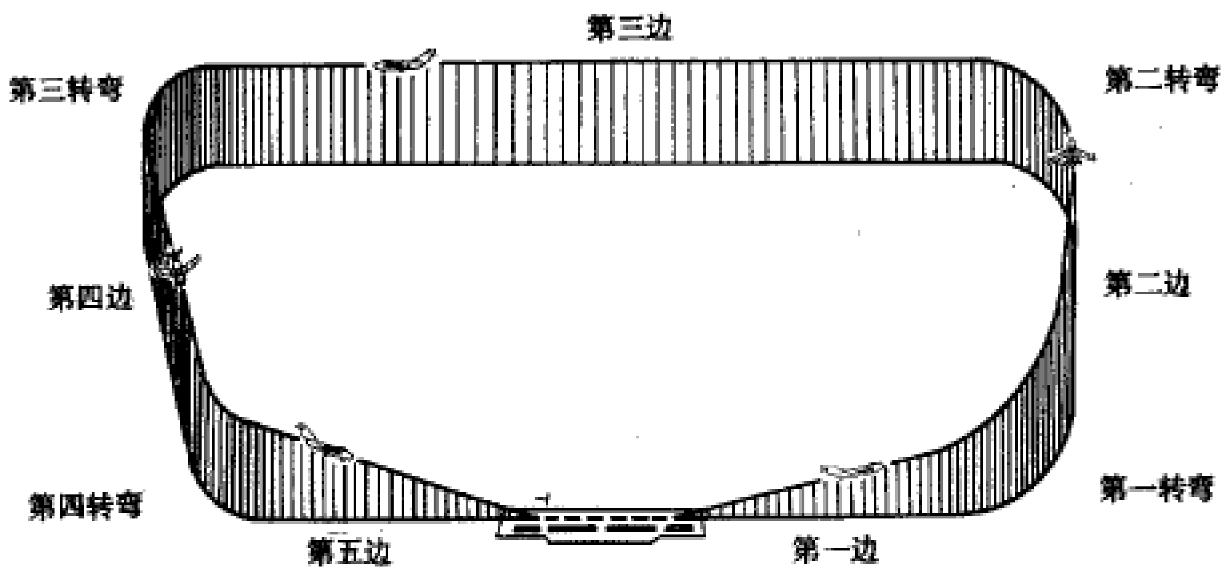
（常生茂）

pingfei

平飞 (horizontal flight) 见水平飞行。

qiluo hangxian feixing

起落航线飞行 (circling flight) 飞机、直升机起飞后围绕机场建立航线然后着陆的飞行过程（见图）。是单机驾驶技术的基础练习。主要用于帮助飞行员练习起飞、建立航线、着陆目测等动作及注意力分配。具有时间短、动作多、准确性要求高、数据要求严、动作之间联系紧密等特点。以起飞方向为准，起飞后向左（右）转弯称左（右）起落航线飞行。根据跑道和“T”字布，按规定的高度、速度和预定的转弯点建立起落航线，包括5个边和4个转弯。根据任务需要，还可进行大、小起落航线飞行，单机、双机起落航线飞行，昼间、夜间起落航线飞行等。



起落航线示意图

（姜照才）

chaodikong feixing

超低空飞行 (extreme low-altitude flight) 飞机在真实高度100（含）米以下的飞行。在作战中有利于突破敌防空系统，对敌目标实施隐蔽突击。特点是：燃料消耗大，使飞机的续航能力降低；机载电子设备作用距离缩短；观察地面角速度大，发现和识别地标难度加大；易受地面高大障碍物和飞鸟的威胁；飞行员精力高度集中，易疲劳。超低空飞行时，应注意飞行区域与航线的选择，考虑通信、导航、雷达等设备的性能、地面高大障碍物以及地区性气象的影响；对飞行区域的高大障碍物应标出其准确高度和位置，必要时组织人员实地核查；飞行航线尽量避开城市、军事基地、大型工厂等重要目标。

（王连松）

dikong feixing

低空飞行 (low-altitude flight) 飞机在真实高度100～1 000（含）米的飞行。有利于航空兵隐蔽出航，准确地突击地面目标。具有耗油量大、续航能力较低，机载电子设备作用距离近，易受敌地面火力的杀伤，飞机机动性优于超低空飞行等特点。

（王连松）

zhongkong feixing

中空飞行 (medium-altitude flight) 飞机在真实高度1 000～7 000（含）米的飞行。是充分发挥飞机战术技术性能最理想的高度层，也是机载电子设备最理想的工作高度。随着高度升高，空气中的氧分子含量下降，为保证飞行员充足的氧气摄入量，密封座舱的飞机飞行高度在4 000米以上必须使用机上氧气设备供氧。中空空气密度还比较大，操纵飞机获得大的载荷较容易，为防止超过飞机强度的限制，动作切忌粗猛，并按规定使用抗荷设备，防止超载导致黑视。

（杜 华）

gaokong feixing

高空飞行 (high-altitude flight) 飞机在真实高度7 000～15 000（含）米的飞行。是喷气式战斗机的有利巡航高度层。特点是发动机耗油量减小、空气密度减小、真速大，续航时间和航程都增长。高空飞行时机载电子设备有效距离加大，机载雷达可克服地杂波的干扰使雷达光屏更清晰，有利于增大发现目标的距离。同时，高度高，易过早被敌雷达发现，受地空导弹的威胁增大，也不利于对地面目标投弹轰炸。

（杜 华）

chaogaokong feixing
超高空飞行 (ultra-high altitude flight)
飞机在真实高度15 000米以上的飞行。执行作战任务的飞机超高空飞行时，可减少敌歼击机和地面火力的威胁，但飞机机动性降低、不利于空战和准确突击地面目标。超高空飞行空气密度小、表速小、迎角大、进气量小，如操纵动作粗猛易造成发动机喘振、停车和飞机抖动、失速。空中“梯度风”对飞机上升影响明显，在对流层以下逆风爬升快，进入平流层后则逆风爬升慢。由于外界空气密度小，座舱内外压力差大，为防止座舱失密或座舱盖爆破危及飞行安全，应经常检查和调节座舱压力。（杜　华）

pingliuceng feixing
平流层飞行 (stratosphere flight)　飞机在真实高度11 000～30 000米（1976年美国标准大气测定为32 162米）的飞行。平流层亦称同温层。特点是大气温度基本不变，平均在零下56.5摄氏度左右，只有水平方向上的风，没有空气的上下对流。在平流层飞行，要充分考虑“梯度风”的特点和影响。在对流层中顺风爬升，随着高度升高，风速加大，风的加速度方向向前，而飞机的惯性力方向向后，爬升角度减小。而在平流层中顺风爬升，随着高度升高，风速减小，风的加速度方向向后，而飞机的惯性力方向向前，飞机的爬升角度增大。因此，在对流层采用逆风爬升，在平流层中采用顺风爬升，这样可在较短时间获取较高高度。（王国新）

shengxian feixing
升限飞行 (ceiling flight)　飞机利用自身动力上升至所能达到的最大飞行高度上的飞行。所能达到的最大高度是指飞机稳定上升，最大上升率减少到某一数值（喷气式飞机通常为5米／秒，活塞式飞机通常为0.5米／秒）时的飞行高度。升限飞行分为静升限、动升限、实用升限飞行。静升限飞行，是飞机以稳定上升达到最高高度的飞行用来检验飞机的性能和提高飞行员升限飞行驾驶技术。动升限飞行是飞机从稍低于静升限的某一高度增速后跃升到最高高度的飞行。在动升限的高度上，发动机以最大状态也无法保持飞机的平飞。动升限飞行用来考核飞机的性能，常在战斗中采用。动升限的高度比静升限高。实用升限飞行是战斗机常用的作战升限高度，它的高度比静升限低，但在此高度上，飞机可作机动飞行。升限飞行，由于高度高、真速大、表速小、飞机运动的曲率半径大，所以操纵飞机的动作应少量、多次、及时，注意提前量。在升限飞行时，发动机工作环境恶劣，操纵动作应柔和，防止造成发动机喘振和停车。（彭迪宇）

kuayinsu feixing
跨音速飞行 (transonic flight)　飞机从亚音速增到音速、超音速，或者从超音速减到音速、亚音速的一定速度范围内的飞行。通常指某一特定亚音速（如M数0.8）到某一特定超音速（如M数1.2）范围内。跨音速飞行的特点：加速过程中，飞行M>1飞机产生超音速音爆；产生的激波使飞机阻力增大，使飞机的加速性降低；产生的激波使操纵舵面效能降低，操纵性减弱；空速管上激波位置的移动，造成气压仪表出现指示误差。在跨音速飞行中，高度不低于4 000米，以防损坏地面建筑物；气动仪表产生误差时，应以其他仪表和天地线关系位置保持状态。装有自动控制系统（电传操纵）的飞机，在跨音速飞行时能较好地保持飞机姿态。减速跨音速飞行，使机头上倾；飞机由于升力着力点前移产生抬头力矩，在做向上曲线或水平曲线运动时，会出现“加速旋转”现象。（王玉树）

chaoyinsu feixing
超音速飞行 (supersonic flight)　飞机的飞行速度在M数大于1、小于5范围内的飞行。飞行中，超音速气流流过飞机表面产生激波形成波阻，机械能通过波阻时转化为热能消失于空气中，造成飞机操纵性能下降。超音速飞行时，飞机会产生头部和尾部激波，引起周围空气发生急剧的压力变化。如在10 000米以下飞行，地面上的人在激波经过的瞬间，会听到类似响雷或炮弹爆炸声的音爆。为了降低激波对地面建筑物的破坏，规定超音速飞行的高度必须距地面4 000米以上。（王玉树）

gao chaoyinsu feixing
高超音速飞行 (hypersonic flight)
飞机的飞行速度在M ≥ 5的飞行。高超音速飞行由于飞行速度很大，造成严重的气动加热，再加上太阳光辐射、发动机燃气流等其他热环境的影响，使飞机机体的温度急剧升高。高超音速飞行，不同M数阶段需要使用不同类型的发动机，每种发动机都有它合理的工作范围。飞行M<3.5范围内使用涡喷或涡扇发动机，飞行M>3.5～4.0在真空段只有火箭发动机才能保证高超音速飞行的需要。高超音速飞行的飞机操纵系统均采用全数字、电传操纵技术。高超音速飞行的飞机、导弹均采用复杂而先进的制导、导航、电子系统，对飞行员的身体、心理素质提出了更高的要求。（彭迪宇）

dinengjiandu feixing
低能见度飞行 (poor visibility flight)
在低于相应飞机机型能见度标准条件下的飞行。亦称有限能见度飞行。其具体飞行标准主要根据机场净空条件、着陆导航引导设备、机型、飞行员的技术水平、指挥员的指挥水平和着陆雷达引导员的水平等条件来确定。低能见度飞行的目的是减小低能见度对战斗的影响，使飞行员达到在天气突然变差、低于正常能见度的情况下，能驾驶飞机安全着陆。组织低能见度飞行时，能见度不应低于规定的本型飞机低气象标准和本机场最低开放条件。（彭迪宇）

youxian nengjiandu feixing
有限能见度飞行 (finite visibility flight)
见低能见度飞行。

yunshang feixing
云上飞行 (over-the-top flight)　在云层上面的飞行。可利用云层的掩护隐蔽


云上编队飞机　王立平摄

接敌，减少地面火力的杀伤。飞行中，看不见或基本看不清地标，只能利用无线电导航设备和地面引导设备保持空中位置及返航。飞行员会感到阳光刺眼、云顶不平、飞机与云顶相对运动速度快，易产生错觉和疲劳。飞行时，通常离开云顶一定的高度（200米）（见图）。

（王国新）

yunzhong feixing

云中飞行 (flight in cloud) 在云层里面的飞行。飞行时，看不到地面和天地线、主要靠机上仪表设备和无线电导航设备判断和保持飞机状态及位置。特点是：云中能见度较差，可能有颠簸、降（雪）雨、结冰等现象；机载无线电设备易受干扰，指示误差较大；夜间云中飞行座舱盖会出现光环、静电火花，飞机两侧明暗不均等；飞行员精力消耗大，易出现错觉；出现特殊情况时，处置较为复杂。云中飞行时，一般不做复杂特技动作，不做改出复杂状态和关闭（遮盖）仪表的飞行练习。出现严重错觉应迅速脱离云层，至云上或云下飞行。昼间云中能见度大于30米，僚机能够看到长机时，方准以密集队形编队穿云上升或下降。

（刘 明）

yunxia feixing

云下飞行 (flight below cloud) 在云层下面的飞行。飞行时，可能看不到天地线，但能看到地面，可用机上设备与地标相结合的方法保持飞行状态及位置；离云层较近时，能见度差，可能有颠簸、降（雪）雨等现象；云层与飞机相对运动速度大，云层明暗不一，飞行员容易产生错觉和疲劳。无线电罗盘易受干扰，指示误差较大。云下飞行飞机距云层底一般不少于50米。

（刘 明）

jiandan qixiang feixing

简单气象飞行 (visual meteorological condition flight) 飞行员在可目视到地标或发光点的气象条件下的飞行。现统称目视飞行。通常指云量7成以下（含7成）的飞行，以及云量7成以上的云下飞行。可分为昼间简单气象飞行和夜间简单气象飞行。飞行时，天气较好，能见度大于4千米，可以看到地标、发光点，昼间可以看到天地线。飞行员掌握简单气象飞行技术，可为进一步掌握复杂气象飞行技术奠定基础。

（许振波）

fuzaqixiang feixing

复杂气象飞行 (instrument meteorological condition flight) 飞行员在看不见或看不清地面的气象条件下的飞行。现统称仪表飞行。通常指云中飞行，云量8～10成的云上飞行，或有限能见度飞行。飞行员主要依靠机上仪表、领航设备以及地面导航设备来驾驶飞机和执行任务。分昼间复杂气象飞行和夜间复杂气象飞行两种。根据气象条件的不同又可分为昼、夜复杂高气象和低气象飞行。复杂气象飞行中飞行员按仪表操纵飞机，精力消耗大，易感疲劳和产生错觉，且天气变化大，特殊情况处置复杂。（许振波）

dengyamian feixing

等压面飞行 (isobaric surface flight) 应用气象学中的地转风理论，解决在飞行中求位置和偏流角的一种飞行方法。同一高度上两地气压不同时，将会产生气压梯度力，使高压区的空气向低压区流动。流动的空气除继续受气压梯度力的作用外，还要受地转偏向力、惯性离心力和摩擦力的作用。在纬度高于30度的地区，高度高于1 000米，等压线曲率不大时，空气的运动主要决定于气压梯度力和地转偏向力。只考虑这两种力的作用并且当它们平衡时所形成的风称为地转风。地转风的风向与等压线平行，风速的计算公式为：

$$U=G/2wSINa\cdot\triangle H/\triangle N$$

式中，U为地转风风速，a为纬度，G为重力加速度，w为地球自转角速度，△H为两点之间同一等压面的高度变化量，△N为两点之间的水平距离。飞行中，用气压式高度表保持飞机沿同一等压面飞行，根据飞过的距离和用无线电高度表测出的等压面高度变化量，即可按地转风公式计算出飞机的位置线和偏流角。飞行前，根据等压面图，运用地转风理论，利用风的影响，还可选出飞往目的地的时间最短的航线。它同两点之间距离最短的大圆圈航线相比，节省时间的多少同飞行速度有关。空速小、节省得多，空速大、节省得少。等压面飞行具有不依赖地面，不需要在飞机上安装专门设备的优点。但是，这种方法只适用于纬度高于30度、高度高于1 000米的海上飞行。

（许振波）

quantianhou feixing

全天候飞行 (all weather flight) 在昼、夜间简单气象（目视）和昼、夜间复杂气象（仪表）条件下执行任务的飞行。胜任四种气象飞行的飞行员称全天候飞行员。全天候飞行不等于任何气象条件下均能飞行，它受飞行最低气象条件的制约。飞行最低气象条件是为保证飞机安全遂行任务和起飞、降落所规定的最低气象条件。主要根据机场条件、机型和飞行员技术水平而定。机场最低气象开放条件是根据机场净空条件、着陆设备等规定的。各机型有各自的最低气象“临界线”，突破“临界线”为超气象飞行。

（刘 明）

xunhang feixing

巡航飞行 (cruising flight) 在适宜远距离、长时间、经济性又好的状态下的飞行。巡航飞行的速度有两种：对应于千米耗油量最小的飞行状态，其速度称远航速度；对应于小时耗油量最小的飞行状态，其速度称久航速度。通常远航速度大于久航速度。现代喷气飞机的巡航推力通常为其最大推力的65%～75%。巡航速度依飞行距离、所需时间、载重量、安全性、经济性和气象条件等因素而定，通常为最大平飞速度的70%～80%。现代多数飞机仍用亚音速巡航飞行，少数飞机具有超音速巡航能力，如SR-71、“协和”等飞机。超音速巡航能力是第四代战斗机的重要指标之一。巡航飞行常用于巡逻、观测、护航、转场、待机和空中运输等飞行任务。起飞重量、可用燃油量、发动机经济性、外挂物、高度、速度、大气温度和风速等因素对巡航飞行都有影响。采用高升阻比的空气动力布局，减小发动机耗油率、携带副油箱或采用空中加油等，都可以提高飞机的巡航性能。

（李叶生）

zhandou feixing

战斗飞行 (battle flight) 为遂行战斗和战斗保障任务而实施的飞行。主要包括巡逻、截击、空战、掩护、护航、封锁、

强击、侦察、空运、伞降、机降、救护和电子干扰等飞行。战斗飞行一般包括3个阶段：①准备阶段。从受领预先号令起，到战斗出动前所进行的飞行准备工作阶段。战斗飞行准备要根据作战计划，结合敌我双方以及其他方面的情况，对遂行任务时可能遇到的复杂问题进行设想，研究对策，并作好必要的思想、组织和技战术准备。②实施阶段。通常指起飞、集合、飞向战区、投入战斗和退出战斗、返航、解散和着陆阶段。③讲评阶段。指飞行结束后的小结、分析、制定改进措施的阶段。通常以航空兵团或大队为单位进行，重要战斗，通常有上级首长和领导机关参加组织讲评。在战斗飞行中，航空兵通常是与陆军、海军联合完成统一指令的战斗任务；也有航空兵单独执行某项战斗任务。战斗飞行由相应的指挥机关统一组织实施。 （许振波）

gongji feixing

攻击飞行 (attack flight) 攻击空中、地面和水上目标的飞行。对空中目标攻击特点：一般为活动目标，且移动速度快、范围广、高度变化量大，可全方位进入，准确性不高；攻击时，本身有可能成为其他飞行器攻击的目标。对地面（水上）目标攻击特点：目标相对固定，低空活动较频繁，准确性相对较高。常用的攻击方式有追踪攻击、拦截攻击和离轴发射攻击。正在发展的攻击方式有全向攻击，多目标攻击，超视距攻击，综合火力、飞行控制的自动机动攻击，以及全自动化攻击等。攻击飞行按攻击机数量，分为单机和机群编队攻击。按攻击机所在平面，分为水平和垂直攻击飞行。按攻击机进入方向，分为前半球和全向攻击飞行。按目标飞行的轨迹，分为直线和机动攻击飞行。按速度，分为大速度、小速度、超音速攻击飞行以及正速度差、负速度差攻击飞行。按高度，可分为超低空、低空、中空、高空、超高空攻击飞行。按攻击飞行使用的武器，分为火炮、火箭、导弹攻击飞行和普通炸弹、精确制导炸弹攻击飞行。按距离，分为远距离、中距离、近距离攻击飞行；视距内和超视距攻击飞行。按攻击手段，分为雷达、激光、电视攻击飞行。使用武器有导弹火箭、航空枪炮、轰炸和其他特种用途的军械。

（许振波）

hongzha feixing

轰炸飞行 (bombing flight) 对地面、水上目标进行瞄准和投弹的飞行。是轰炸航空兵攻击和消灭敌人的主要手段。歼击机、歼击轰炸机、强击机等，亦可以进行轰炸飞行。常规轰炸包括飞向战区、进入目标、瞄准、投弹。根据投弹时飞机所采取的不同姿态，分为水平轰炸、俯冲轰炸、上仰轰炸等。选择轰炸方法时，应考虑到飞行器的性能、瞄准装置的类型、所使用的航空炸弹、目标的性质以及目标地域的情况等。超视距轰炸以载机为发射平台，对超出目视距离以外的目标进行探测跟踪，使用中、远程空地导弹实施攻击。使用的武器弹药主要有巡航导弹、制导炸弹和常规炸弹等。其中，巡航导弹具有很强的抗干扰能力、突防能力和攻击多目标的能力；制导炸弹有电视、激光、雷达制导炸弹等。远程轰炸是载机具有超常的巡航能力，长途奔袭，对敌纵深目标实施打击的一种轰炸方法。

（李叶生）

zhencha feixing

侦察飞行 (reconnaissance flight) 为遂行侦察任务而实施的飞行。执行侦察飞行任务，分别由侦察航空兵部队，航空兵部队编配的侦察分队，以及无人驾驶飞行器等承担。目的是获取必要的敌情和地形等资料，以保障军事行动顺利进行。按任务性质，分为作战侦察飞行、训练侦察飞行和任务侦察飞行等。作战侦察飞行分为战略侦察、战役侦察和战术侦察；任务侦察飞行分为气象侦察、灾情侦察、目标侦察和战果侦察等。按侦察方式，分为独立侦察飞行、在歼击机或电子干扰机掩护下侦察飞行。按侦察手段，可分为目视侦察、成相侦察、电子侦察和辐射侦察飞行。其特点是：机动性能好，续航时间较长；侦察范围广，效果好；可在敌防空火力之外的距离上实施侦察；对敌纵深地区侦察能力较弱。

（李叶生）

xunlian feixing

训练飞行 (training flight) 为遂行军事训练任务而实施的飞行。目的是使飞行人员掌握飞行技术、战术和专业技术。飞行技术包括驾驶技术、战斗技术；战术包括战术基础、战术应用课题；专业技术包括空中领航、通信、射击、轰炸、侦察、电子战等训练飞行。训练飞行严格依据飞行条令、飞行训练大纲等法规组织实施。根据受训人员类别、训练课目、训练目的等，采用不同的训练方法。实施训练飞行按飞行准备、飞行实施、飞行讲评进行。

（孙宝占）

daifei

带飞 (instructional flight) 飞行教员和学员（飞行员）在同一架飞机上进行的教学飞行（见图）。带飞是使学员（飞行员）掌握提高飞行技术的主要手段，是飞行训练单飞前进行的教学阶段。主要采用示范、提示、帮助、放手和空中讲评等空中教学方法实施。 （王殿礼）



空中教学飞行

danfei

单飞 (solo flight) 飞行员（学员）独立驾驶飞机的飞行。通常指飞行员（学员）在新课目、新机种（型）上进行的单独驾驶飞机的训练飞行。是飞行员（学员）掌握与提高飞机新技术的重要训练阶段。单飞一般要经过带飞或检查。飞行员（学员）具备下列条件方可单飞：精力充沛，有单飞信心；检查或考核不需要提示帮助，成绩合格；能正确、熟练地使用座舱设备；能及时发现和正确修正各种偏差；熟悉飞行中有关特殊情况的处置方法；熟悉本地区的飞行管制规定和保证飞行安全的措施。 （王殿礼）

biaoyan feixing

表演飞行 (demonstration flight) 专门供观赏或观摩的飞行。是号召青少年热爱航空事业、显示一个国家航空技术水平、促进飞行技艺提高的有效途径和方法。飞机发展早期，对于目睹者来说每次飞行都是表演。第一次世界大战后，出现了飞行员和杂技艺人组成的空中杂技表演队，专门为参观者表演，以惊险动作吸引观众。1920年，在英国亨登举办的皇家空军庆典上第一次出现编队特技飞行表演之



中国人民解放军空军飞行表演大队飞行表演 王立平摄

后，取代了危险性极大的飞行杂技表演。现代表演飞行按性质和任务，分为礼仪、动作技艺、展示新机和飞机性能表演飞行等；按实施飞机的数量，分单机和多机编队表演飞行。特技飞行表演向飞机性能和飞行员技术水平的极限提出了挑战，著名的表演动作有：6机或9机编队“空中开花”（见图）；超密集队形“魔鬼编队”；“镜像”、“钻石”（菱形）编队飞行；低空、超低空“刀刃”转弯；“八点”停顿间歇横滚；单机“翼尖下坠后的飞机滚转”或“醉汉”（尾冲）和螺旋；普加乔夫眼镜蛇机动飞行等。世界上许多国家都有专门从事表演飞行的飞行表演队。 （任继芳）

shifei

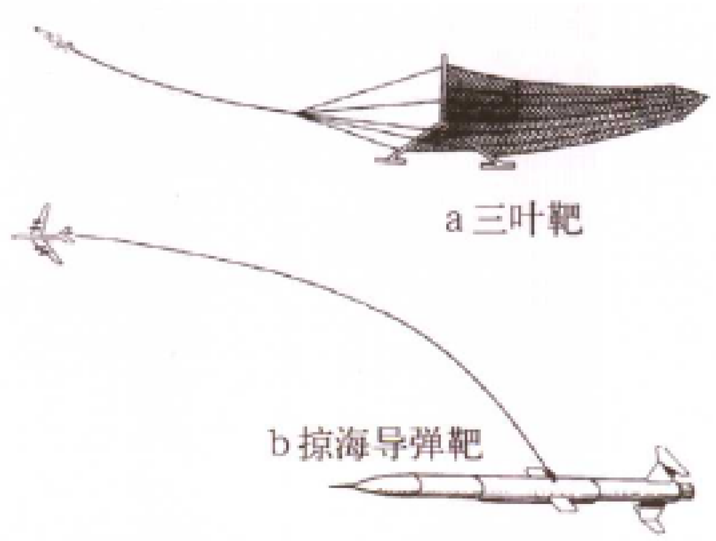
试飞 (test flight) 为验证某类航空产品或整机是否符合设计要求而进行的试验飞行。在真实的飞行环境条件下实施。是发展航空技术、空战战术的一个十分重要的组成部分。对飞机的设计理论、设计指标、维修质量等是最有效的检验手段；可为新机研制和投产提供验证依据；能够检验飞机和其他航空技术装备战术、技术性能指标是否满足使用要求及安全可靠性；能为编写飞机技术性能、使用维护及飞行手册、制定航空规范提供依据。按性质，可分为型号试飞和研究性试飞。型号试飞根据任务、时机不同，又分为首飞、调整试飞、验证试飞、随机试飞、适应性试飞、出厂试飞、验收试飞、使用试飞等。 （任继芳）

jiaoyan feixing

校验飞行 (check flight) 对预知的结果或预定目标的一种校正、检验飞行。用于对飞机、机载设备和其他航空技术装备或地面设施的性能、数据、工作特性进行校验；对空中航线的数据及适航性进行验证；为查明高射炮兵目标指示雷达和炮瞄雷达的实际探测效能，配合地面高炮部队进行校炮飞行等。校验飞行前要制定飞行计划，确定机种、航线、架次及通信联络方式，安装记录设备，准备登记表格等。飞行中严格按计划实施。飞行后对数据进行处理分析得出结论并填写校验飞行报告。 （孙胜利）

tuoye feixing

拖曳飞行 (trail flight) 拖靶飞机在空中用钢索（拉绳、连杆）拖带滑翔机、空中靶标的飞行。航空兵部队使用机上火炮进行空中打靶训练，一般把旗靶和三叶靶作为攻击目标（见图）。其特点：拖靶飞机起飞滑跑中增速较慢，滑跑距离增长；起飞中突然增速易造成靶标跳跃或滚转；平飞过程中操纵飞机反应迟钝，拖曳飞行有脉冲感觉。要求：空中



空中拖靶示意图

应严格按照预定计划和规定数据飞行；飞机着陆前按规定投掉靶标；在特殊情况下，可加油门增速吹掉靶标后着陆，并做好带靶着陆准备。 （孙宝占）

mushi feixing

目视飞行 (visual flight) 飞行员用目力观察天地线及地标，判断所驾驶的飞机或直升机的飞行状态、位置的飞行。通常用于气象良好的昼间飞行。是仪表飞行的基础，训练新飞行员的重要方法。初学飞行时，一般先采用目视飞行，如起落航线飞行、编队飞行、超低空飞行等。由于任务的特定性和飞机设备及性能的限制，也主要采用目视飞行。目视飞行时观察外面为主，观察座舱仪表为辅；以天地线和地标为参照物，根据座舱风挡与天地线的关系位置，能直观地判明飞机的上仰、下俯和倾斜，判断飞行高度、速度，确定飞行方向和位置。特点是：飞行员精力消耗比仪表飞行小，运动参数的准确性不如仪表飞行；受天气等条件的限制较大；判断不够精确时，通常与仪表飞行结合使用。 （常生茂）

yibiao feixing

仪表飞行 (instrument flight) 飞行员按机上航空仪表的指示，判断所驾驶的飞机或直升机飞行状态及位置的飞行。旧称盲目飞行。通常用于复杂气象、夜间、海上、高空和荒漠上空的飞行。对提高飞行员全天候执行任务和机动作战能力，保证飞行安全有重要作用。特点是：不能直观地判断飞行状态和所在位置；持续观察仪表，精力高度集中，容易疲劳和产生错觉。对飞行员的要求是：熟记各种仪表位置和指示特点，正确分配注意力，全面并有重点地观察仪表；及时、柔和、准确地操纵飞机；熟知仪表故障和产生错觉的原因及处置方法。

随着航空仪表向电子化、显示综合化、智能化和数字化方向发展，半自动或自动化飞行控制系统的问世，使飞行员对仪表的观察和使用日趋简便、精确，减轻了飞行员的负担。 （闫学强）

chuanyun

穿云 (penetration) 根据机上仪表指示和地面导航设备引导进行的穿过云层的飞行。昼间和夜间复杂气象飞行的基本技

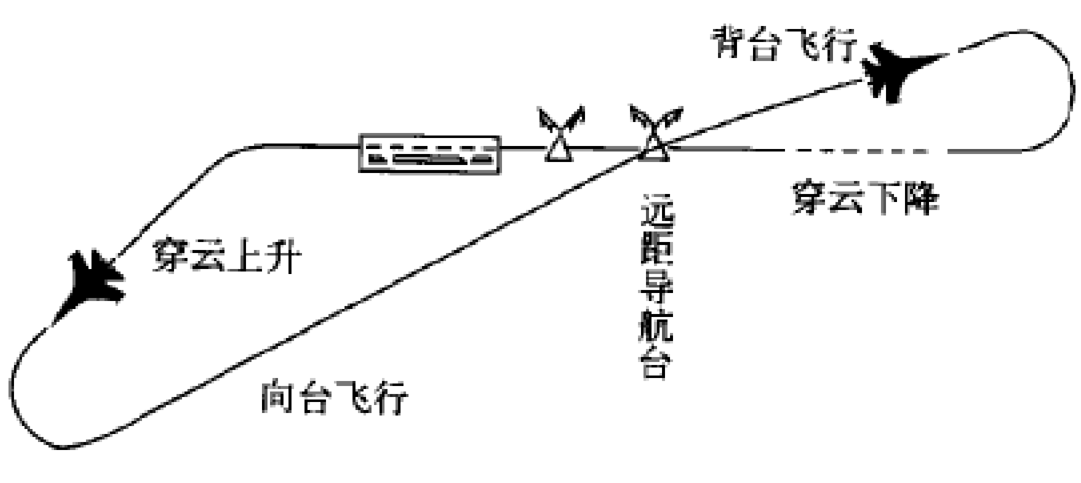
术。包括穿云上升、云上转弯及向台飞行、通过导航台及背台飞行、云上转弯进入着陆航向、穿云下降、台前平飞、通过远近距导航台、目视着陆等阶段。按穿云方法，分为直线、双180° 大航线、固定方向穿云和任意方向穿云飞行等。特点是：飞行员主要靠机上仪表和无线电电子导航设备判断和保持飞行状态及飞机的方向、位置，精力消耗大，易感疲劳，注意力分配不当可能产生错觉；云中飞行可能积冰，影响全、静压系统仪表指示和力臂调节器的工作，使飞机的空气动力性能变差；无线电罗盘受云中放电干扰，指示误差较大；出现特殊情况处置较为复杂。

对飞行员的要求是：熟悉各仪表和无线电电子设备的位置、指示特点及使用方法，加强对时钟、地平仪、磁罗盘、无线电罗盘及全、静压系统等仪表和设备工作情况的检查；穿云上升前检查仪表工作良好并保持好飞行状态，不带故障、坡度入云；穿云下降数据保持和修正要严格准确，出云后注意向外观察，根据前方和周围地标检查判断高度；云下有碎云和雨水影响从正面观察跑道时，应准确飞向远距导航台，通过远距后按无线电罗盘指示飞向近距，在保持好飞行状态的前提下寻找跑道；无线电罗盘受干扰指示不准时，应呼叫定向台结合磁罗盘指示进行修正；根据天气情况和飞行员的技术条件，做好天气突然变坏去备降机场着陆的准备。

（许志良）

guding fangxiang chuanyun

固定方向穿云 (penetration along fixed direction) 根据机场条件规定的方向、数据进行的穿云（见图）。机场条件包括：机场区域的净空条件、空中走廊和航线的设置与走向、空中飞行禁区（重要目标上空、国境线等）、地面保障设备（导航台、雷达等）、与相邻机场区域或穿云图重叠情况等。例如，跑道方向一侧有山峰等影响飞行安全的高大障碍物时，只能向一个方向作穿云上升和下降。

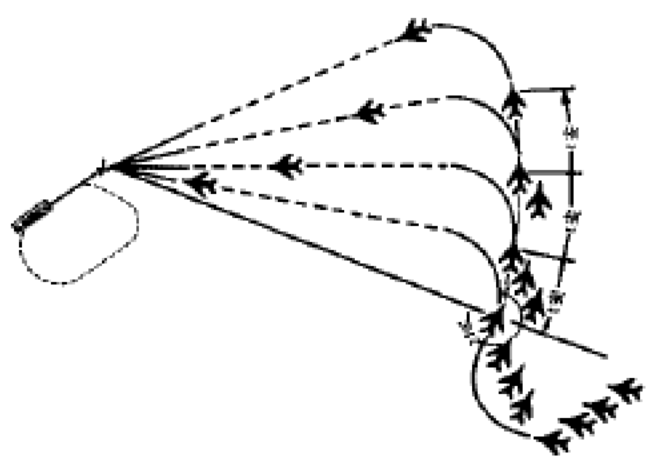


固定方向穿云示意图

（许志良）

renyi fangxiang chuanyun

任意方向穿云 (penetration along arbitrary direction) 不受跑道起降方向限制，向任意方向作的穿云（见图）。通常



任意方向穿云示意图

在机场净空条件好、云底较高、能见度较好、能在云下建立起落航线的条件下，由指挥所引导实施。多用于快速出航、返航及编队穿云飞行等。（许志良）

biandui feixing

编队飞行 (formation flight) 两架以上飞机或直升机组成一定队形并有指挥协同关系的飞行。用于训练、作战、空运、校阅和表演飞行等。按飞机之间的间隔、距离、高度差的疏密程度，分基本队形、密集队形、疏开队形 、疏散队形；按编队形态，分梯队、纵队、横队、楔队、箭队、蛇行队等；按编队飞机的数量，分双机、4机（3机）、6机、8机（9机）编队等；按飞行高度，分高空、中空、低空、超低空编队；按飞行速度分亚音速、超音速编队；按遂行任务的性质，分突击队、掩护队、保障队等；按编队飞机的机种、机型，分为同型机编队和不同机种、机型的混合编队。飞行中，根据任务和作战需要，还可组成其他各种队形和编队。

编队飞行中的飞机，分长机和僚机。长机指带队的飞机，僚机指跟随长机遂行任务的飞机。在大编队中，除有带队长机外，组成该编队的每个小编队，包括基本编队（双机、3机）亦各有长机。每个编队必须指定编队长机（空中带队指挥员）。长机的主要职责是带领僚机（或编队）执行任务，并对完成任务的质量和安全负责；僚机的主要职责是时刻保持在编队中的规定位置，观察空中情况，执行长机命令。（任继芳）

teji feixing

特技飞行 (acrobatic flight) 飞行员使用特殊的驾驶技能，操纵飞机或直升机所作的高难度的飞行。飞行中，飞行员不断改变飞机的姿态和高度、速度、方向等运动参数。是歼击机飞行员的重要课目、空战战术的技术基础。对提高飞行员驾驶技术、增强飞行耐力、培养勇敢精神和充分发挥飞机的飞行性能具有重要作用。也是表演飞行和飞机运动竞赛的重要项目。

简史 特技飞行是建立在飞机性能逐步改进的基础上，随着空战、运动竞赛与表演飞行（图1）的需要发展起来的。最初的飞机，只能作直线飞行，飞行距离和持续飞行时间都比较短，不能作特技飞行。到1905年，飞机已可以作倾斜转弯、小坡度盘旋和“8”字飞行等。同年建立的国际航空运动联合会，组织领导航空体育事业，每两年举行一次飞机体育运动竞赛，促进了特技飞行的发展。1913年，俄国飞行员P.N.涅斯捷罗夫首次完成铅垂面上的闭合式斤斗和水平面上的大坡度盘旋，为特技飞行在三维空间的扩展奠定了基础。第一次世界大战爆发，大量飞机用于空战，特别是歼击机之间的空中格斗，迫使飞行员创造出许多新的特技飞行动作，半斤斗翻转就是德国飞行员M.殷麦曼1915年在空战中创造的。第一次世界大战后，出现一批商业性“空中杂技团”和飞行表演队，利用战后剩余的飞机，向观众显示飞行的花样和绝技，增加了倒飞、横滚和失速飞行等特技动作。至第二次世界大战爆发时，单机特技飞行技术的基础已经基本形成。之后，一些国家空军飞行表演队在编队特技飞行上有许多创新，有6机或9机“草花”斤斗；9机编队“刀刃”转弯；“镜像”、“钻石”（菱形）编队飞行等。20世纪80年代，苏联的苏－27系列飞机创造



图1 表演飞行 孙久奎摄

了普加乔夫眼镜蛇机动飞行、“圆周”机动、“钟形”机动飞行等许多令世人惊叹的动作。

分类 按空间运动轨迹的位置，分水平面特技、铅垂面特技和空间特技飞行；按飞行状态和运动参数变化的剧烈程度，分简单特技、复杂特技、高级特技和战斗特技飞行；按实施飞机的数量，分单机特技和编队特技飞行，编队简单特技属于复杂特技，编队复杂特技属于高级特技；按飞行高度，分超低空特技、低空特技、中空特技和高空特技飞行。高空特技飞行受飞机性能的限制，低空特技飞行离地面近，增加了保证飞行安全的困难。

方法和内容 特技飞行中，飞行员根据飞行目的操纵驾驶杆、方向舵和油门杆，改变飞机受力情况，造成各种操纵力矩，使飞机绕其横轴、纵轴和立轴转动，形成飞机在空中的各种姿态，同时造成飞机空间运动的高度、速度和方向等参数的变化。特技飞行以不同的操纵方式形成不同运动形态的各种飞行动作。基本动作有：①盘旋（图2）。飞机在空中水平面上方向机动的基础动作。②俯冲（图3）。进行高度机动的基础动作之一，常用作增加速度的机动手段。③跃升（图4）。实施高度和速度机动的基础动作之一。④急上升转弯（图5）。既能迅速争取高度，同时又能进行方向和位置机动，空战中经常应用，又称“战斗转弯”。⑤斤斗（图6）。飞机在铅垂面上实施机动的基础技术。⑥横滚（图7）。可以较迅速地实施空间方向机动，是特技飞行重要的基础技术。⑦倒飞。多用于表演飞行。⑧螺旋。本属于一种非正常飞行状态，后为训练飞行员改出螺旋的方法，遂成一个特技飞行动作。部分改变基础特技动作的操纵方法、运动轨迹或运动参数以及基础特技动作的分解、组合、连接，极大地丰富了特技飞行的内容：如上升横滚或下滑横滚、快滚（4~6秒）、慢滚（8~12秒）、间歇停顿横滚、半滚倒转、半斤斗翻转、上下横“8”字（图8）、草花形斤斗、跃升盘旋（图9）、双战斗转弯、半斤斗翻转加横滚等。

特点和要求 ①特技飞行中，飞行员要适应飞机在空中多方向旋转和承受较大的过载，如果平衡机能差，易发生以呕吐为主要病症的晕机病，抗载荷能力强或抗

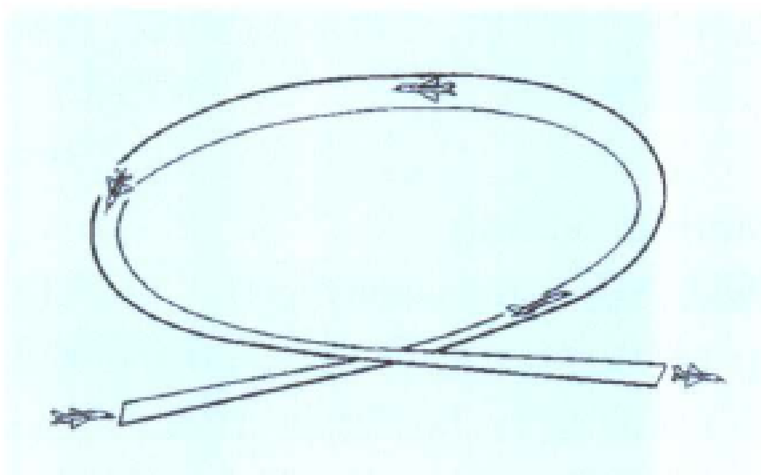


图2 盘旋

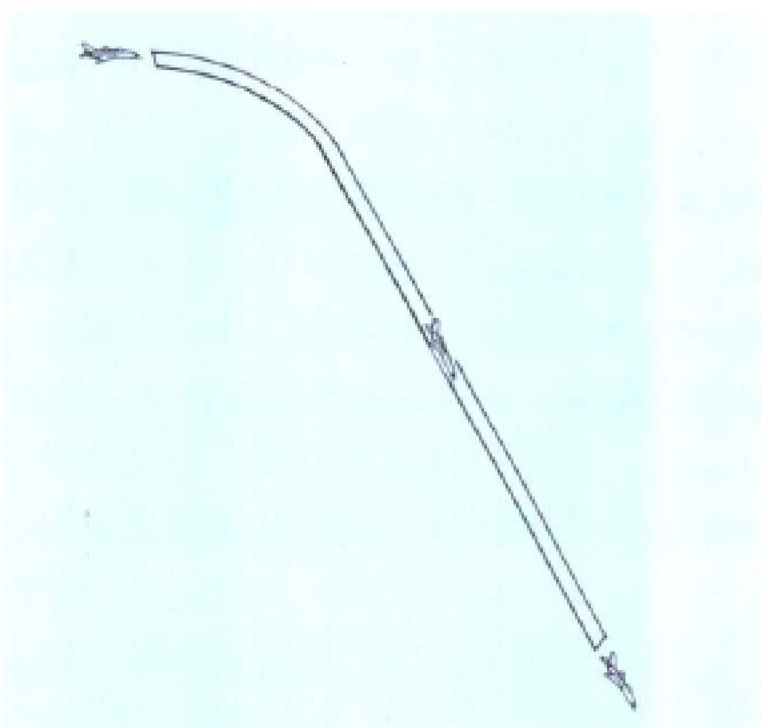


图3 俯冲

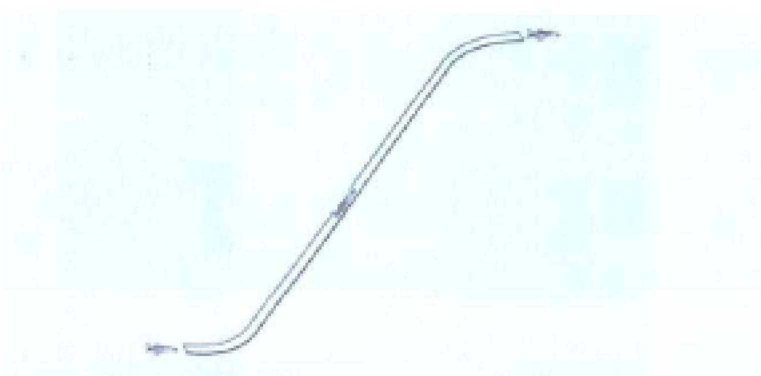


图4 跃升

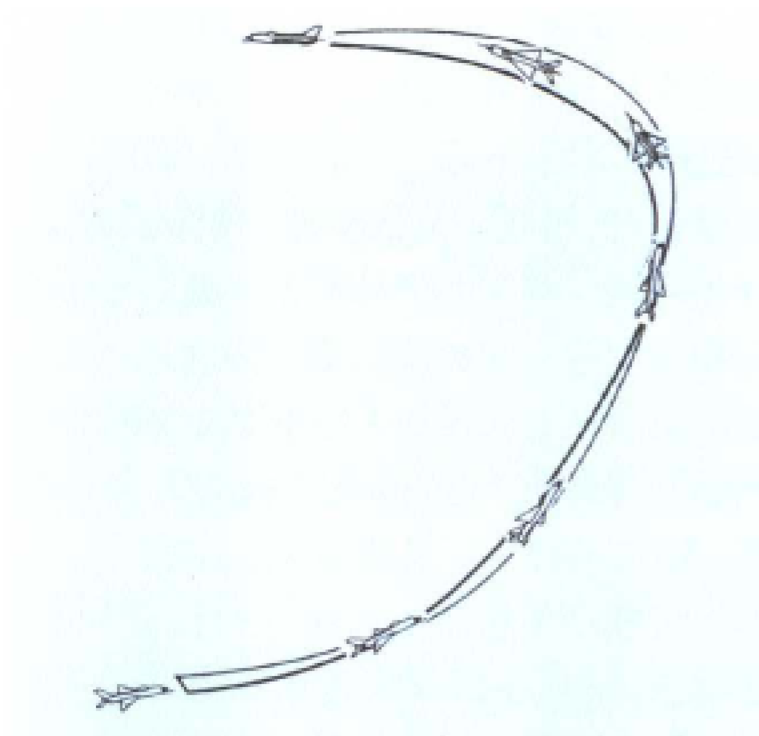


图5 急上升转弯

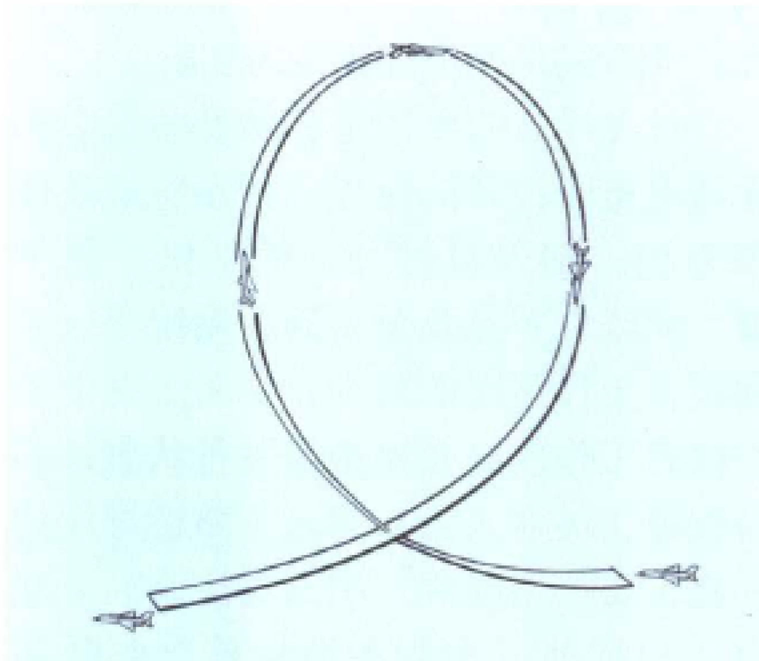


图6 斤斗

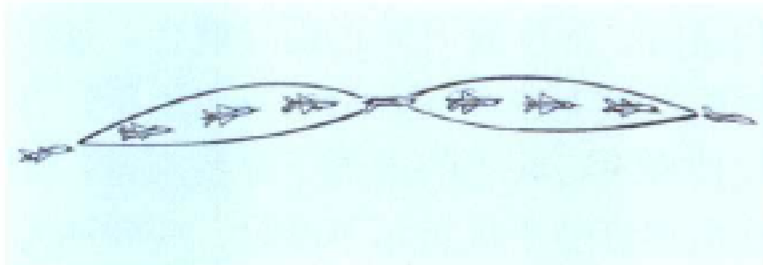


图7 横滚

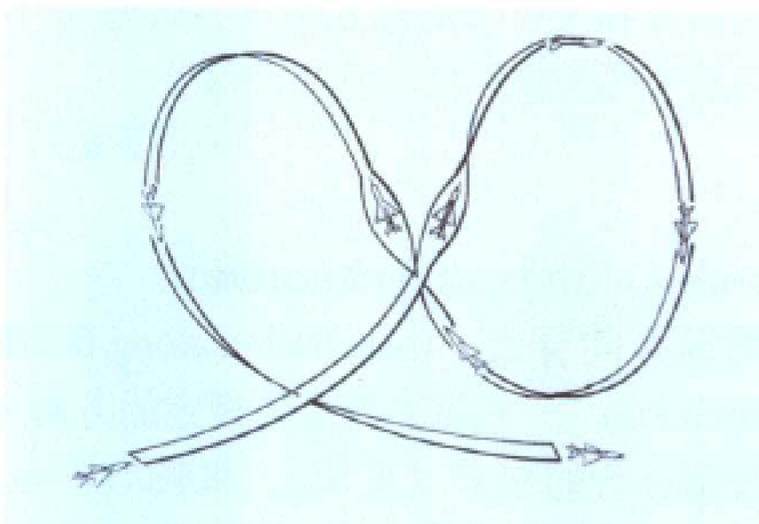


图8 上横“8”字



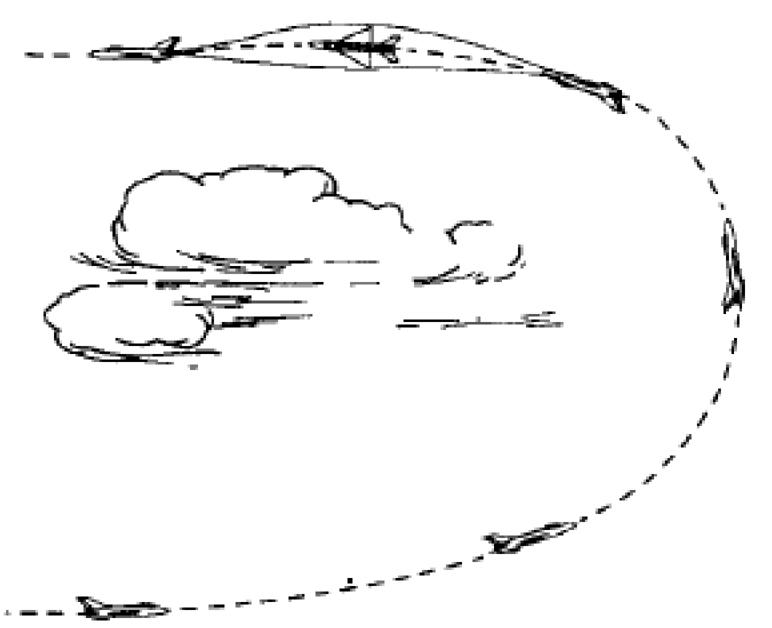
图9 跃升盘旋

荷装置，有利于减轻因过载大使头部供血不足而形成的黑视。②动态比较复杂，体力消耗大，需要精力高度集中，随时判明飞行动态，了解运动参数的变化，及时准确地操纵飞机按预定的轨迹运动。③防止超过最大允许速度和最大允许过载、高度过低、迷失方位或操纵不当造成飞机失速等危及飞行安全的问题发生。④飞机强度、气动性能、发动机推（拉）力和有关显示仪表必须相应地满足不同特技飞行动作的需要。⑤有的飞机因用途不同，其设计性能决定不能作特技飞行。

展望 为提高空战能力，特技飞行的运动参数将竭力达到飞机的极限性能，同时向飞行员的技术水平提出挑战。特技飞行表演，将以更新颖的队形、更多的架数或更低的高度，表现出惊险壮观的艺术新水平。由于飞机直接力控制（推力矢量）技术的出现，使飞机性能有了重大改进，有些飞机可做许多非常规机动动作。 （任继芳）

jishangsheng zhuanwan

急上升转弯 (steep climbing turn) 飞机在迅速作180°转弯的同时尽可能增



急上升转弯示意图

加高度的飞行。亦称战斗转弯。前半段速度大，以上升高度为主，后半段则以转弯改变方向为主。急上升转弯是空战中争取飞行高度优势、占据有利位置的重要机动动作。做动作时，应先增大油门使飞机加速，然后边拉杆使飞机转入跃升，边压杆蹬舵使飞机形成坡度，跃升角与坡度同时增大，转弯后段，反杆、反舵、推杆，使飞机在转弯180°时改平坡度转人平飞。

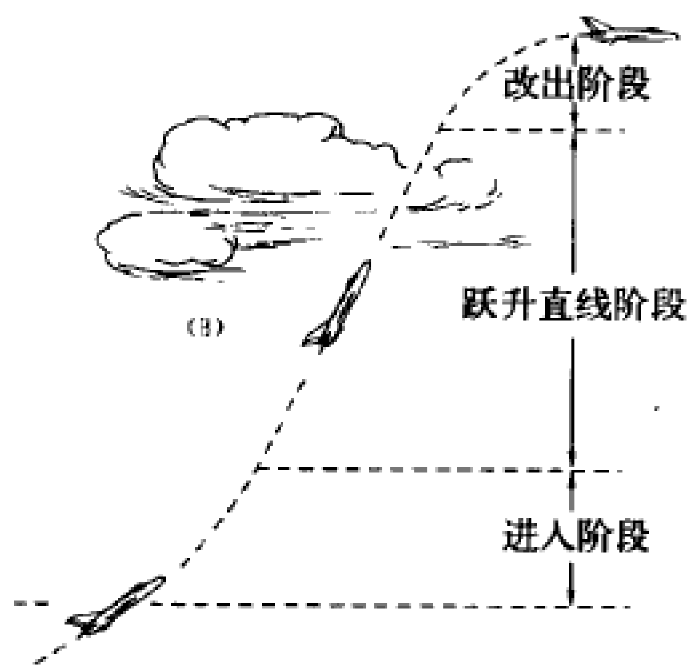
（李国勋）

zhandou zhuanwan

战斗转弯 (combat turn) 见急上升转弯。

yuesheng

跃升 (zoom) 飞机以大于稳定的最大上升角作减速的直线上升飞行。亦称急跃升。利用动能转化为势能而迅速上升高度。是实施高度和速度机动的基础动作之一。跃升的航迹是自下而上，其形



跃升示意图

态与俯冲相反。在给定的初始高度和速度的情况下，飞机所能获得的高度增量越大，完成跃升所需的时间越短，跃升性能越好。跃升轨迹可分为进入、直线和改出3个阶段。跃升时通常使用发动机的大推力状态，以便最大限度地爬升并保持足够的飞行速度。飞机进入跃升的速度越大，跃升终了时的速度越小，跃升高度就越高。但跃升终了时速度不能过小，以免发生失速或失去操纵等危险。

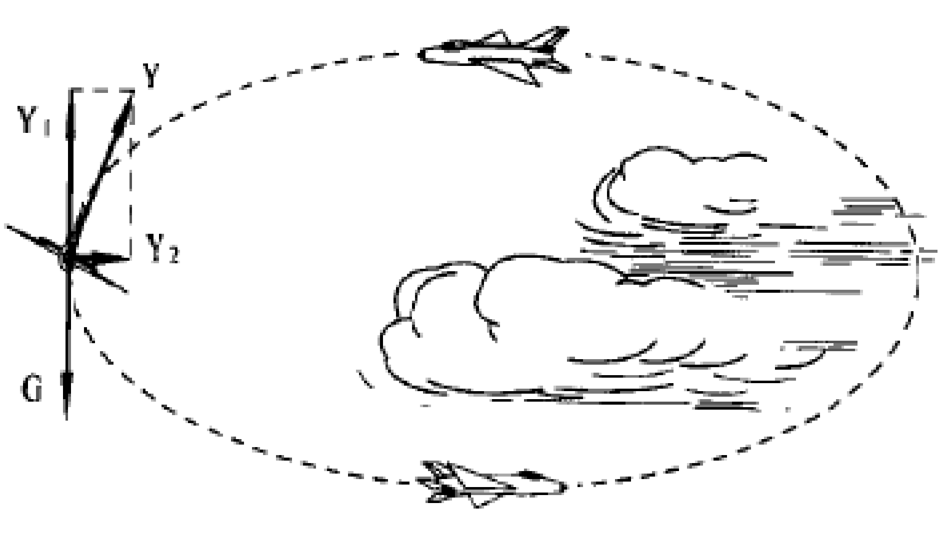
（袁连胜）

jiyuesheng

急跃升 (zoom) 见跃升。

panxuan

盘旋 (turn) 飞机在空中水平面内所作的等速圆周飞行。是最常见的机动飞行动作之一。通常把坡度小于45°的盘旋称为小坡度盘旋，坡度大于45°的盘



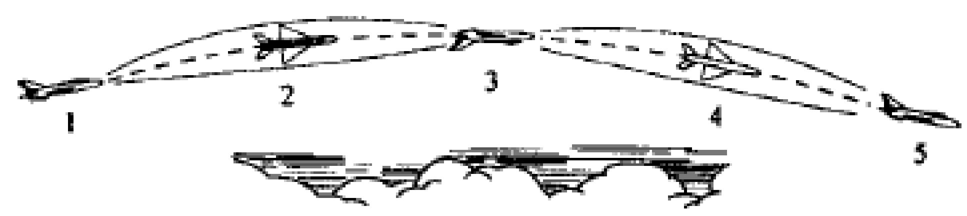
盘旋示意图

旋称为大坡度盘旋。盘旋可用盘旋半径和盘旋一周所需时间来衡量。飞行速度及曲率半径均不随时间而变的盘旋称为稳定盘旋。稳定盘旋中又分不带侧滑的协调盘旋和带侧滑的非协调盘旋。飞行速度和坡度不断变化的盘旋称为非定常盘旋。盘旋中高度上升或下降的，分别称为盘旋上升和盘旋下降。盘旋飞行必须做偏转机头和倾斜机体两个动作，并用飞机副翼来调整内侧与外侧机翼升力差造成的进一步侧斜。

（李国勋）

henggun

横滚 (roll) 飞机绕纵轴滚转360°并保持原飞行方向的飞行。飞机绕纵轴滚转，不断改变升力方向，与推拉杆动作配合，可以较迅速地实施空间方向机动。是特技飞行中重要的基础技术动作之一。按滚转时间和操纵方法的不同，可分为快速滚转、慢速滚转和大半径横滚（即筒滚）；



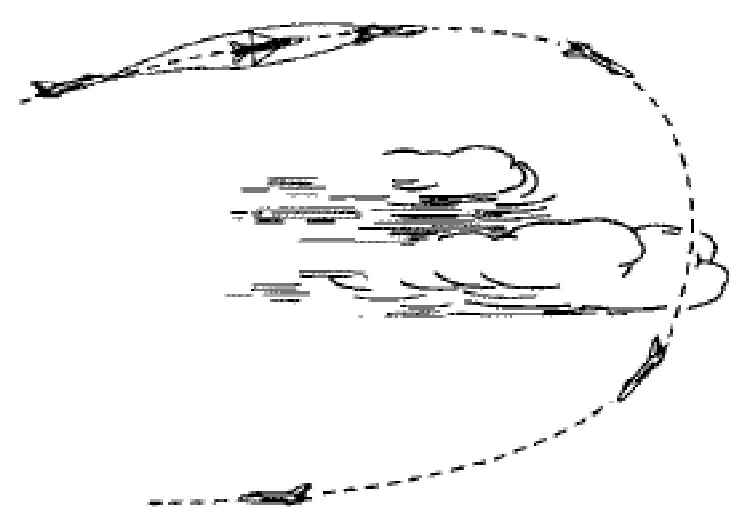
横滚示意图

按滚转角度大小，可分为滚转180°的半滚和滚转360°的全滚；按横滚中高度的变化，可分为上升横滚、垂直横滚、水平横滚和下滑横滚；按滚转的圈数，可分为一次横滚和多次连续横滚等。此外，还有每滚转45°停顿一下的滚转动作，亦称八点式横滚，常用来做飞行表演。

（袁连胜）

bangun daozhuan

半滚倒转 (splits) 飞机滚转180°成倒飞状态，接着在铅垂面内迅速做曲线运动并绕横轴旋转成正飞状态的机动飞行。半滚倒转由横滚的前半段和斤斗的后半段结合起来组成的。其优势在于可以迅速下降高度并改变180°方向。空战中采用此动作可以摆脱敌机跟踪的被动位置，同时改变方向180°，有利于转入主动攻击位置。作半滚倒转进入滚转前，应适当减小飞行速度，防止速度过大；滚转中应杆舵协调，防止



半滚倒转示意图

飞行方向偏转；滚转结束时，应保持机头略高于天地线，便于根据机头或风挡与天地线的关系位置判断飞机是否倾斜。曲线飞行中，舵要蹬平，拉杆要正，保证飞机在铅垂面内运动。

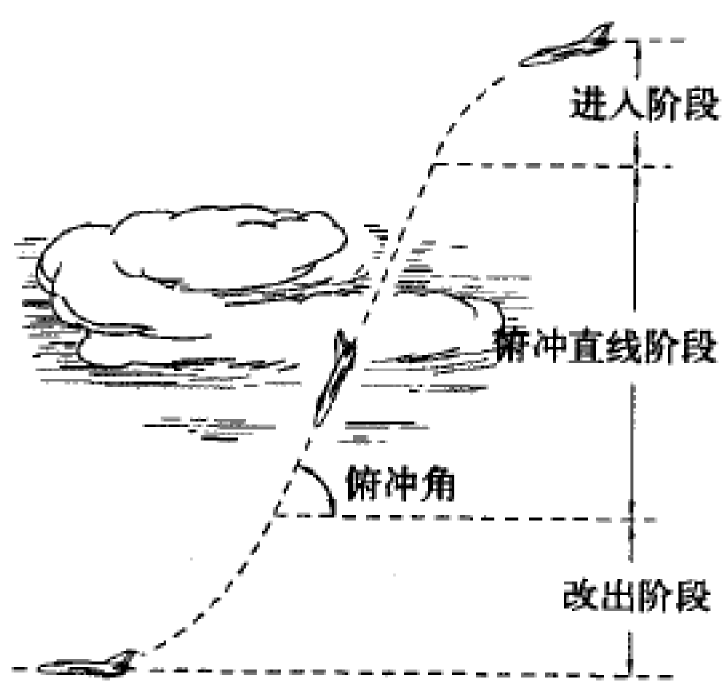
（高　俊）

banjindou fanzhuan

半斤斗翻转　(Immelmann turn)　飞机在铅垂面内沿向上弯曲的轨迹绕横轴仰翻成倒飞状态，接着绕纵轴滚转180°成正飞状态的飞行。半斤斗翻转是由斤斗的前半段和滚转的后半段结合起来组成的，使飞机迅速增加高度并改变180°方向。半斤斗翻转是德国飞行员M.殷麦曼1915年在空战中创造的，亦称为殷麦曼或战斗半滚。半斤斗的操纵要领与斤斗前半段类似，到达半斤斗顶点后，向前推杆减小载荷后，向左或右压杆使飞机翻转成正飞状态。　（高　俊）

fuchong

俯冲　(dive)　沿大于30°的向下倾斜轨迹的增速直线飞行。俯冲的飞行轨迹与地平面的夹角叫俯冲角，通常30°～90°。接近90°的俯冲叫垂直俯冲。飞机以小于30°的俯冲角对地面、水面目标攻



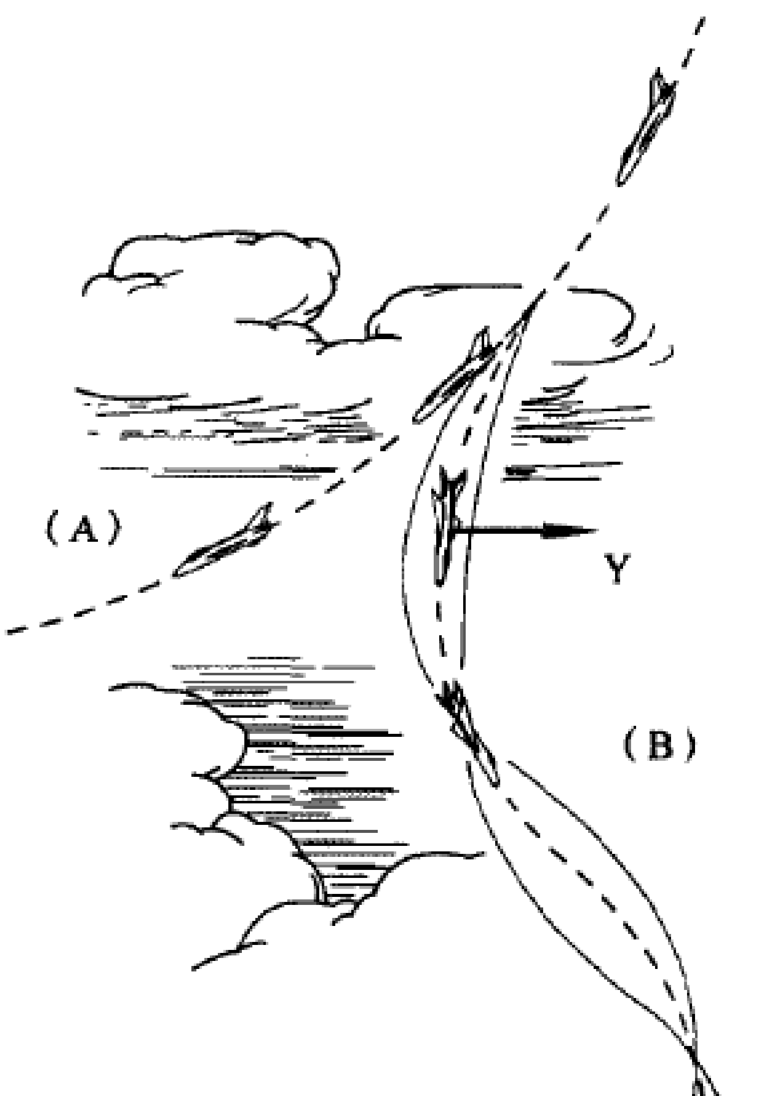
俯冲示意图

击时，习惯上也称为俯冲。俯冲可以迅速地降低高度，取得需要的速度。俯冲在空战、轰炸、发射导弹和对地面、水面目标射击时均可以使用，也是避开高炮射击和规避导弹机动动作之一。必须迅速降低高度时也要进行俯冲。俯冲的过程一般分为进入段、直线段和改出段，整个动作在一铅垂面里完成。根据需要，俯冲时可以带动力或不带动力。

（李国勋）

jipanxuan xiajiang

急盘旋下降　(steep gliding turn)　飞机沿陡峭螺旋线作加速转弯下降的飞行（见图）。一种较为危险的飞行偏差。其



（A）正常改出俯冲

（B）进入急盘旋下降

俯冲和急盘旋下降示意图

特点是飞机增速很快，每圈下降高度很多。在做斜斤斗、盘旋下降和改出俯冲飞行等动作时，由于飞行员操纵不当，飞机可能进入急盘旋下降。意外地进入急盘旋下降，如不及时改出，高度过低，会危及飞行安全。飞机进入急盘旋下降的根本原因，是飞机在俯冲或盘旋下降状态下出现了绕纵轴的滚转。防止进入急盘旋下降的根本方法，是在俯冲过程中防止飞机产生滚转。在改出俯冲时，要注意地标或地面的相对运动，检查飞机是否带有倾斜和侧滑，并及时加以修正。要改出急盘旋下降，首先要收完油门，用杆、舵制止飞机绕纵轴滚转，并消除倾斜，然后再由俯冲中改出。

（袁连胜）

daofei

倒飞　(inverted flight)　飞机座舱盖朝向地面的平直飞行。倒飞时为了保持升力向上以维持飞机重量，须采用负迎角，其负升力同飞机重量互相平衡，载荷因数等于1，飞行员和飞机都承受负过载，飞行员头部向下而离开座椅。受飞机供油装置的限制，必须克服燃油、滑油流动反常（允许倒飞的飞机往往备有倒飞油箱）。长时间的负过载，飞行员头部充血出现“红视”现象，造成意识模糊或失去知觉，危及飞行安全。所以，飞机倒飞时间受到限制，有的飞机则不能做倒飞。倒飞大多用于飞行表演。

（袁连胜）

jindou

斤斗　(flip)　飞机在铅垂面内沿近似椭圆形轨迹绕飞机横轴仰翻360°的飞行。在倾斜平面上作的斤斗称为斜斤斗。是战斗机飞行员基本训练课目之一，也是用来衡量飞机机动性的一种指标。为纪念俄国卓越的军事飞行员P.H.涅斯捷罗夫于1913年8月27日驾驶俄制“纽约特−4”型飞机首次完成“全斤斗”，将此动作命名为涅斯捷罗夫斤斗。斤斗的前半圈为减速升高阶段，后半圈为增速下降阶段。完成一个斤斗所需的时间越短，飞机机动性越好。实现斤斗飞行，必须调整好飞机的速度和拉杆，使飞机产生足够大的过载，以便产生足够的向心力。斜斤斗是在与水平面成一角度的斜平面上的斤斗，实际上是把盘旋和斤斗结合起来的空间机动飞行动作。

（高　俊）

jidong feixing

机动飞行　(maneuvering flight)　飞行员操纵飞机有意改变速度、高度、方向或姿态的飞行。单位时间内改变飞行状态的能力，称为机动性。是评价战斗机飞行性能的重要指标。飞机状态改变的范围越大，改变相同飞行状态所需时间越短，飞机的机动性能就越好。

机动飞行中，需要有不平衡的力。根据作用在飞机上力的大小、方向和飞机运动的特征。机动飞行可分为：①方向

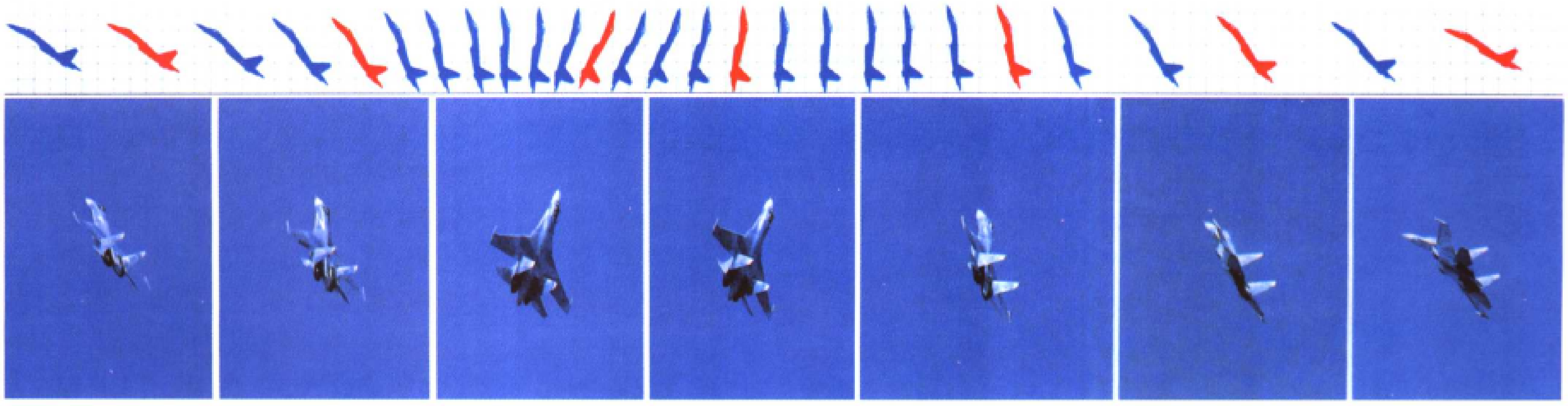


图 1 普加乔夫眼镜蛇机动飞行分解照片

机动飞行。表示飞机在空中改变飞行方向的能力。飞机改变相同角度飞行方向所需的时间越短，转弯半径越小，方向机动性能就越好。②速度机动飞行。表示飞机在空中改变速度的能力。飞机增加或减小相同速度所需的时间越短，速度机动性能就越好。③高度机动飞行。表示飞机在空中改变飞行高度的能力。飞机改变相同高度所需的时间越短，高度机动性能就越好。④空间机动飞行。表示飞机在三维空间内，同时改变速度、高度、方向和姿态的机动飞行。通常用于空中格斗，或作规避攻击时的机动动作。可以作向下或向上的大半径横滚，也可作向下或向上的随机性机动动作（高速摇摇机动或低速摇摇机动）。在一定的高度、速度范围内，飞机作随机性机动的飞行范围越大，单位时间内高度、速度、方向、姿态的变化越快，飞机机动飞行性能就越好，也称为飞机的敏捷性越好。

为提高飞机空中作战能力，机动飞行的运动参数力求达到极限值。随着航空技术的飞速发展，电传操纵技术、放宽静稳定度技术、直接力控制技术和矢量推力技术的应用，飞机的机动飞行能力将有很大的提高，出现了过失速机动、尾冲等非常规机动动作，还可使飞机侧飞、倒飞、后飞和悬停飞行，将使机动飞行增添一系列新的内容。

（袁连胜）

pujiaqiaofu yanjingshe jidong feixing

普加乔夫眼镜蛇机动飞行 (Pugachov cobra maneuvering flight) 飞机进入大迎角飞行状态的高难度机动动作。由苏联飞行员V.普加乔夫于1989年5月驾驶苏–27飞机在巴黎国际航空展览会上首次向世界展示（图1）。因其飞行动态颇似眼镜蛇发怒时的动作，故而得名。其过程是：飞机在无外挂、外部净形、油量1 220～4 775千克、高度1 000～1 200米的条件下，收小油门，使发动机低压转子转速降至53%～95%，飞行速度调整到310～420千米／时，飞机作平衡稳定直线平飞；关闭迎角限制器开关，断开电传操纵系统电源，使飞机操纵系统处于直接耦合工作状态。首先，将飞机仰角抬高到22°～24° ，然后，迅速向正后方拉动驾驶杆，飞机机头迅猛抬起，快速上仰，瞬时间内仰角可达110°～120°，相应迎角达到90°～95°，这时表速减小约100千米／时，在机头向上转动的过程中飞机略有上升，飞行员随即加大油门，开加力，保持机尾朝前，机腹朝上；飞机继续向前平飞，在气动力作用下，3秒钟内速度骤然减至110～120千米／时，随后飞行员向前推动驾驶杆，飞机机头向前甩去；当飞机仰角降到20°～30° 时，迅速打开迎角限制器开关，接通电传操纵系统电源，减小飞机下俯角速度并加大油门增速，此时表速达120～130千米／时，飞机呈小角度下滑状态，然后增速到常规状态

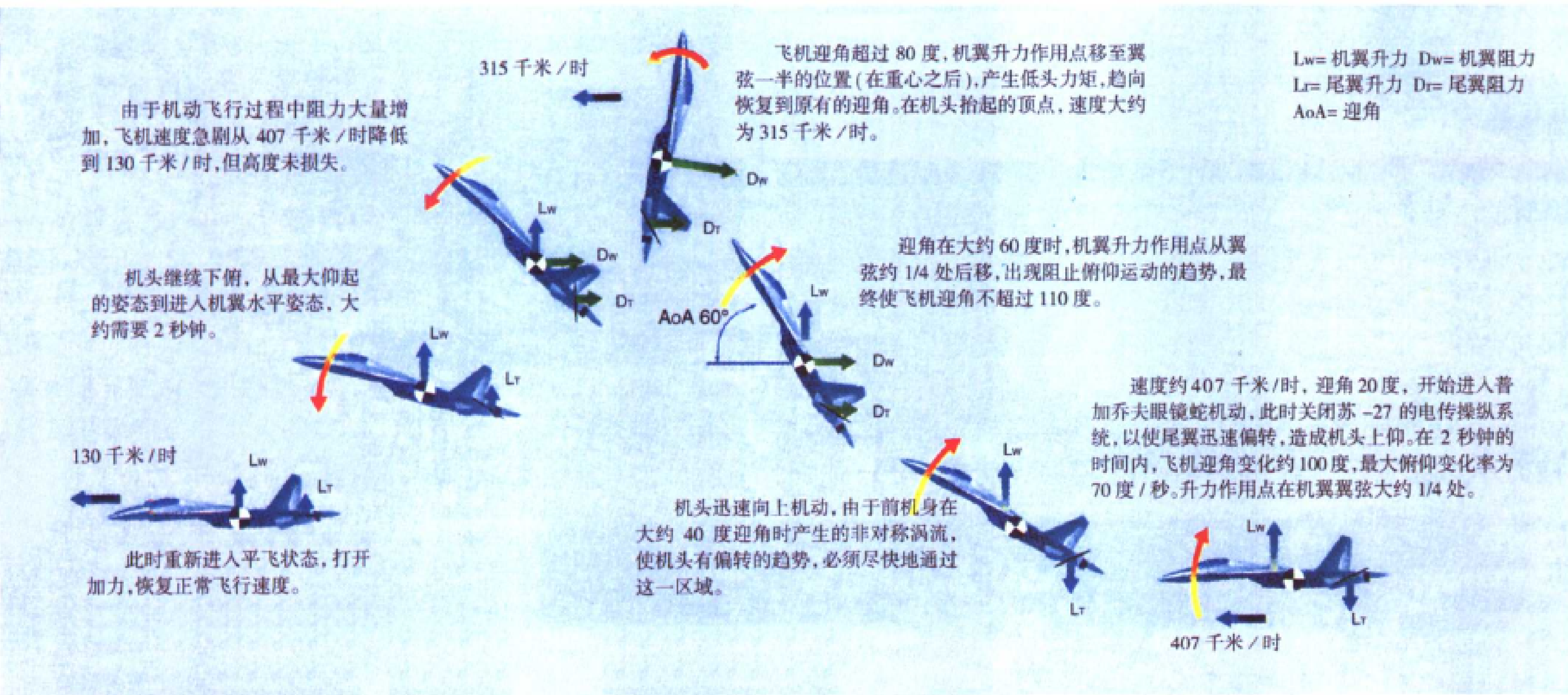


图 2 普加乔夫眼镜蛇机动飞行示意图

作平飞。整个过程历时5秒钟左右，高度比开始略有增加（图2）。

在整个过程动作中，飞机最大迎角大大超过失速迎角，并已进入过失速机动的速度范围，但由于保持大迎角的时间太短，尤其不能作有控制的偏转、滚转，所以还不能被视为真正意义上的过失速机动，其战术意义也因此受到限制。但是，如果飞机采用推力矢量技术，加强大迎角时的操纵性和安定性，情况将会改观。（徐邦年）

guoshisu jidong

过失速机动 (post-stall maneuver) 在远远大于失速迎角条件下操纵飞机，改变飞机状态和速度矢量的机动飞行动作。在过失速机动飞行过程中，飞机能迅速绕自身3个轴（纵轴、横轴和立轴）旋转，改变方向；以较大角度进入攻击，扩大攻击范围；增强对地攻击效果，减少被地面炮火击中的概率；增大瞬时盘旋角速度，增强规避机动效果。此外，过失速机动时的速度、过载都较小，飞行员体力消耗小于常规机动飞行，利于提高战斗力。能作过失速度机动的飞机应具有极好的大迎角安定性；装有高效率、高可靠性的推力矢量发动机；装有推力全权限、多余度、数字控制的协调控制系统（协调控制气动舵面和矢量推力），以保证飞机在大迎角下仍具有足够的偏转和滚转能力。

1980年，德国飞行员首先提出过失速度机动的概念。1993年德国试飞员卡尔·兰驾驶X－31验证机首次实现过失速机动飞行。不久，俄罗斯联邦飞行员也在苏－35飞机上完成了被称之为“金钟”、“倒钩”的过失速机动动作。机动飞行时的飞机迎角已经达到60°～70°。但是，过失速机动在飞机动态稳定性和操纵性、迅速增速等问题上还需进一步发展与完善。（徐邦年）

tuili buduichen feixing

推力不对称飞行 (asymmetric flight) 多台发动机飞机在一台或几台发动机停车后，形成左右推力不对称的飞行。这种飞行通常是出现发动机故障被迫进行的，有时为了进行训练或为了加大作战半径，有意关闭一台发动机使之形成推力不对称飞行。多台发动机飞机在飞行中，一侧发动机停车后，飞机会向停车发动机一边偏转和滚转，速度减小，机头下沉，如不及时修正，飞机会转入盘旋下降。平飞中，一侧发动机停车后，飞行员应首先迅速有力地向工作发动机一边蹬舵，制止机头向停车发动机一边偏转；然后向工作发动机一边压杆，并可向工作发动机一边压少量坡度，利用重力来平衡蹬舵后在垂直尾翼上产生的侧力，保持飞机作直线飞行；最后稍加油门，保持飞行速度。在上升时，发动机处于大功率工作状态，一侧发动机停车后产生的偏转力矩、滚转力矩都比平飞大，飞机偏转、滚转较快。转弯时，如果外侧发动机停车，不对称推力所引起的偏转和滚转力矩，会迫使飞机改出转弯；如果内侧发动机停车，不对称推力引起的偏转和滚转力矩，又会使转弯坡度增大，严重时会危及飞行安全。

（袁连胜）

danfa feixing

单发飞行 (single engine flight) 见*推力不对称飞行*。

dixing gensui feixing

地形跟随飞行 (terrain following flight) 飞机随地形起伏的飞行方式。主要是装配地形跟随系统的作战飞机在低空、超低空突防时使用。地形跟随系统由地形跟随雷达、地形跟随计算机、自动驾驶仪、无线电高度表和飞行控制伺服机构等组成。它使飞机始终与地面保持一定真高（垂直距离），做到随地形起伏隐蔽而安全飞行。20世纪70年代，有低空突防任务的飞机大都装备了地形跟随系统，并逐步改进为自动地形跟随系统。未来地形跟随飞行将向结合地形贮存，实现预测飞行前方地形；根据地形和敌方布防情况，自动选择由基地到目的的最优航线等综合化和智能化方向发展，从而极大地减轻飞行人员的驾驶负担。

（周文表）

zhishengji feixing

直升机飞行 (helicopter flight) 直升机在空中的运动。有垂直飞行和前飞两种基本飞行方式。垂直飞行包括*悬停飞行*、*垂直爬升*和垂直下降。直升机可以在一定的高度范围内进行悬停飞行；以不大的爬升率进行垂直爬升；以不大的下降率进行垂直下降。可以在悬停基础上进行悬停回转、小速度前飞、*侧飞*和*后退飞行*。直升机在悬停基础上所做的一切小速度飞行统称为悬停机动飞行。当直升机的飞行速度（指空速）大于某一规定速度的飞行称为前飞。前飞包括稳定前飞和机动飞行两类。稳定前飞指在保持无侧滑条件下的等速直线飞行，主要有平飞、斜向爬升、下滑。机动飞行指在前飞状态下，作改变速度、航向、高度和姿态的飞行，包括垂直机动飞行（如*俯冲*、*跃升*、跃升倒转等），水平机动飞行（以盘旋和变速飞行最为典型）和空间机动飞行。直升机的起飞、着陆方式分为垂直起降（亦称按直升机方式起降）和滑跑起降（亦称按飞机方式起降）两种。目前直升机的飞行高度局限在中空、低空和超低空范围。由于直升机飞行速度受到气动因素和结构因素的限制，大多只能保持在低速范围之内。

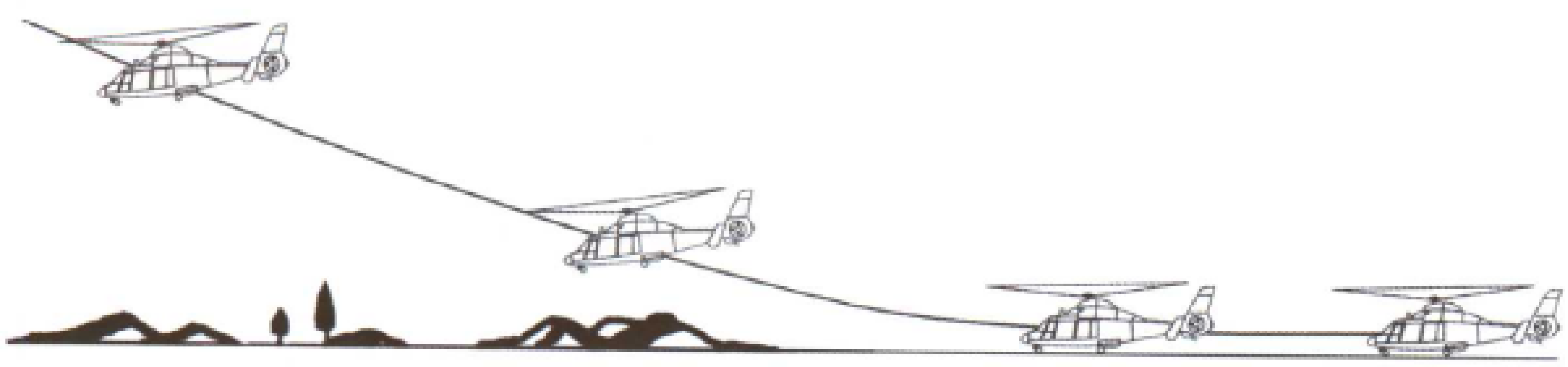
在旋翼失去发动机带动之后，直升机可以利用旋翼原有的旋转动能和直升机位能，进行旋翼自转下降飞行。当直升机的下降率过大或飞行员操纵失误时，可能进入涡环状态，危及飞行安全。由于制造、维护、操纵等原因，直升机在空中可能发生飞行员诱发振荡，空中共振，旋翼桨叶颤振，旋翼失速等特殊飞行现象。

直升机飞行状态的保持和改变，通过飞行员操纵总距杆、驾驶杆、脚蹬和油门环实现。总距杆用来改变旋翼所有桨叶角的大小。上提总距杆，旋翼桨叶角同时增大，旋翼总空气动力增加，直升机上升高度。操纵驾驶杆可以使旋翼桨叶角作周期性变化（称为周期变距），旋翼桨盘向操纵方向倾斜，进而改变旋翼气动力的方向。前推驾驶杆，桨盘前倾，产生向前的气动力分量；侧压驾驶杆，产生侧向的气动力分量；后拉驾驶杆，产生向后的气动力分量。脚蹬用来改变尾桨桨距，使尾桨气动力的大小和方向发生变化，进而改变直升机方向。

（王旭东）

huapao qiluo

滑跑起落 (aircraft-type takeoff and landing) 装有轮式起落架的直升机，采用地面滑行方式进行的起飞和着陆。



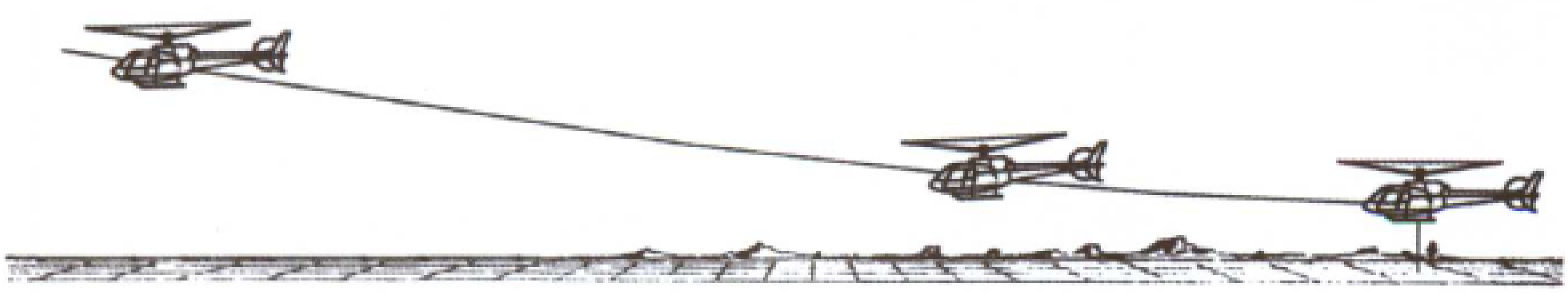
直升机滑跑起飞示意图

通常情况下，直升机都是以它特有的方式进行垂直起飞和着陆。当载重量较大、气温较高或在高原机场、发动机功率不足、直升机无法垂直起降时，需进行滑跑起飞和滑跑着陆。滑跑起飞是利用滑跑增大直升机的速度，减小直升机的需用功率，在有限的发动机功率情况下，产生足够的旋翼拉力，使直升机离地并上升到一定高度。起飞过程包括滑跑、离地、增速上升等阶段（见图）。滑跑着陆是指在下滑消速的基础上，从一定高度开始拉杆、提总距退出下滑，经过拉平、接地、滑跑、直至停止等阶段。滑跑起落应在无坡度的硬质、平整光滑、无障碍的场地上进行。离地速度和接地速度可选取该机型的平飞最小速度，考虑地面效应影响时，还可以小一些。直升机滑跑起落的起飞、着陆距离要比飞机小得多。

（黑文泰）

chuizhi pasheng

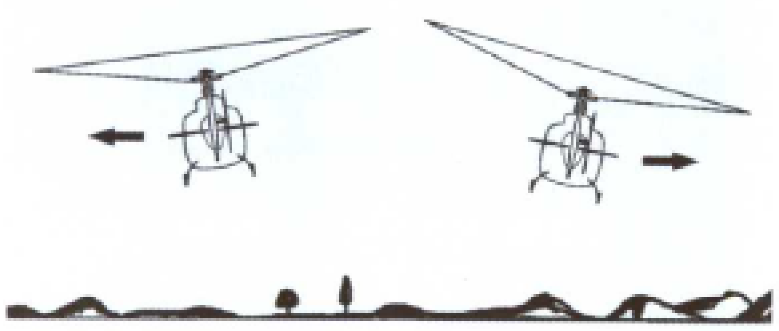
垂直爬升 (vertical ascent) 直升机沿铅垂线增加高度的稳定飞行。亦称垂直上升（见图）。是直升机飞行方式之一。直升机在静升限以下，可以利用垂直爬升在周围具有较高障碍物的狭小场地起飞，也可用于进行起吊、救援等特种作业。垂直爬升的爬升率与悬停剩余功率（发动机可用功率与悬停需用功率之差）成正比，与直升机重量成反比。使用发动机的“最大”工作状态，可获得最大的垂直爬升率。最大垂直爬升率随高度升高而减小。某些（主要是装有活塞式发动机的）直升机在设计高度以下，最大垂直爬升率随高度升高而增加。直升机做垂直爬升，要比悬停耗费更大的功率和需要更大的旋翼总距。由悬停（或由地面）转入垂直爬升的主要操纵方法是上提总距杆，增大旋翼总距和发动机功率。垂直爬升需用功率大，功率储备少，且容易进入回避区，安全系数小，无特殊需要不宜作垂直爬升。（黑文泰）



直升机垂直爬升示意图

cefei

侧飞 (sideward flight) 直升机机头方向不变的横侧飞行。亦称直升机横向飞（见图）。属于悬停机动飞行。直升机可以在适当的高度（回避区之外）上，以适当的速度向左或向右作侧飞。无风条件下侧飞，气流从机身的正侧方吹来，侧滑角为+90°或−90°。通常利用侧飞调整起飞、着陆和悬停位置，或在道面条件差的情况下代替滑行，也可以利用侧飞遂行营救、监视、火力压制等任务。



直升机侧飞示意图

由悬停进入侧飞，飞行员要向侧飞方向操纵驾驶杆，使旋翼桨盘向侧飞方向倾斜，直升机形成一定的坡度。不同方向的侧飞，由于尾桨气动力的影响不同，操纵不完全一样。侧飞时，机身废阻力大，稳定性差，速度不宜过大。

（王旭东）

qianfei

前飞 (forward flight) 直升机向前的水平分速的飞行（见图）。分为广义前飞和狭义前飞。广义前飞泛指具有向前的水平分速的一切飞行。狭义前飞指飞行速度大于某一规定速度的前飞状态，有稳定飞行和机动飞行两类。当前飞速度小于某一规定速度时，由于旋翼的空气动力特性与悬停状态有许多相似之处，因此也称为悬停机动飞行。直升机由悬停进入前飞状态时，飞行员必须向前操纵驾驶杆，使旋翼桨盘向前倾斜，直升机形成一定俯角。旋翼气动合力产生向前的水平分力，进而产生前飞速度。增大前飞速度时，需适当增加前推驾驶杆的操纵量。通常前飞速度越大，对应的机体俯角越大。

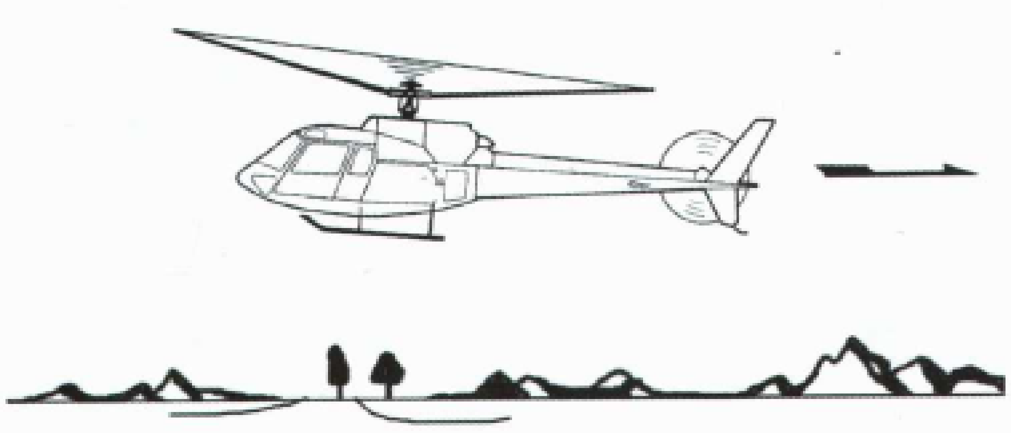


直升机前飞

（王旭东）

houtui feixing

后退飞行 (backward flight) 直升机向后（机尾方向）的水平分速的飞行。属于悬停机动飞行（见图）。直升机可以在规定的高度上，以规定的速度完成后退飞行。通常利用后退飞行调整起飞、着陆和悬停位置，遂行营救、机降等任务。由悬停进入后退飞行，飞行员必须适当向后拉驾驶杆，使旋翼桨盘向后倾斜，直升机形成一定仰角。旋翼气动合力产生向后的水平分力，进而产生后飞速度。由于后退飞行中的直升机处于动不稳定状态，为保持方向不变，飞行员要及时操纵脚蹬修正方向偏差。直升机不宜在过大的顺风中作后退飞行。接近地面作后退飞行时，要防止因机头上仰过



直升机后退飞行示意图

高，导致尾橇擦地。

（王旭东）

houfei
后飞 (backward flight) 见后退飞行。

zizhuan xiajiang
自转下降 (autorotation gliding) 在没有功率输给旋翼的情况下，飞行员依靠旋翼自转操纵直升机进行下滑的飞行。亦称自转下滑或滑翔。是直升机重要的飞行状态之一，也是直升机在空中发动机停车后的主要处置方法。空中发动机停车时，应迅速下放总距杆，操纵直升机进入自转下降状态。为获得最远滑翔距离，应调整速度至经济速度。在训练飞行中，练习自转下降通常在空域中进行。主要操纵方法是，柔和一致地下放总距杆到底（传动机构脱开，旋翼进入自转状态），同时操纵脚蹬和驾驶杆保持好方向和姿态，调整速度至规定值，保持一定下降率下滑。直升机在自转下降中，旋翼没有反扭矩传给机身，为保持方向和姿态，脚蹬和驾驶杆的操纵方向与发动机带动旋翼时相反。

（黑文泰）

zizhuan zhaolu
自转着陆 (autorotation landing) 在自转下降的情况下，飞行员操纵直升机进行着陆的飞行。是直升机在空中停车且无法启动时的一种迫降方式。自转着陆时，要求直升机以尽可能小的下降率和前飞速度平稳接地。着陆瞬间下降率越小，接地撞击力越小；前飞速度越小，滑跑距离越短，所需场地越小。自转着陆一般采用按飞机方式拉平、减速，并配合瞬时增距的方法。需在自转下降的适当高度开始拉杆，旋翼拉力增大并后倾，前飞速度和下降率同时减小，仰角增大。在接地前的适当高度结束拉杆，同时迅速（不粗猛）上提总距杆（接地瞬间应提到最大），进一步增大旋翼拉力、减小下降率。接地前推杆形成正常接地姿势，接地后下放总距杆到底。自转着陆是在极小的高度、时间限度内利用直升机自身的能量（运动动能和旋翼转动动能）储备来完成的，而且只能利用一次。飞行员必须准确把握开始和结束拉杆、提总距的时机，过早、过晚都会造成直升机粗猛撞地，危及安全。

（黑文泰）

huaqiao zhaolu
滑橇着陆 (ski landing) 装有滑橇式起落架的直升机着陆的飞行（见图）。主要采用垂直着陆方式。特殊情况下，如自转着陆、尾桨故障时，可稍带前飞速度接地。滑橇式起落架具有结构简单，易维护，稳定性、减振性能好等优点，便于在松软、泥泞、倾斜地面和雪地上起降。多被轻型直升机采用。按照规范要求，装滑橇式起落架的直升机，其着陆设计重量、重心、能量吸收、撞击过程中的旋翼拉力等指标，与装轮式起落架的直升机相同。其着陆的操纵要领、下降率、接地方式、接地载荷等与装轮式起落架的直升机相同。



直升机滑橇着陆

（黑文泰）

wuding qijiang
屋顶起降 (roof takeoff and landing) 直升机在大型建筑物的顶部平台上进行起飞和着陆的飞行。通常用于执行营救、救护、运输、城市防暴等任务。屋顶起降必须采用垂直起落的方式，操纵动作要准确、协调、柔和，尽量逆风起飞和逆风着陆。屋顶起降一般场地狭小、静空条件差，飞行员不易判断位置和高度，要求机组人员明确分工、密切协同。起飞时，应边上升边后退，使起降场始终位于飞行员的视线范围之内，以便发生故障时操纵直升机落回原处。降落时通常采用高下滑线着陆，注意避开障碍物绕流。屋顶起降机场必须满足直升机性能要求，机组人员应事先对建筑物的结构、承重能力和静空条件进行了解。专门修建的屋顶机场设有导流板、停机坪、起降坪、通道和灭火设施等。

（王旭东）

xiepo qijiang
斜坡起降 (taking off and landing on the slope) 直升机在倾斜场地上起飞和着陆的飞行。是在野外无法找到水平场地或任务飞行时直升机的一种特殊起降方式。包括横坡起降、逆坡起降和顺坡起降。为保证安全，条件允许时应事先对着陆场地进行勘察，包括场地的坡度、面积、坚硬程度、静空条件等。其中，坡度应保证直升机停稳后不致倾覆（重力线应在起落架各接地点确定的支撑面内并留有余地），顺坡条件下直升机尾橇或尾桨不会撞地。进行着陆时，应首先使直升机进入着陆点上空规定高度上悬停，调整好方向，然后垂直下降。当斜坡上方的起落架接地时，要保持直升机短时间（不少于5秒）的水平状态，再缓慢地将斜坡下方的起落架降至地面。对未经勘察的场地应试探性地下放总距杆，以防因坡度过大而使直升机倾覆。起飞的过程与着陆相反。逆坡起飞增速时要防止再次接地。对于装有轮式起落架的直升机，在顺坡和逆坡着陆后，应刹住机轮，以防下滑。

（黑文泰）

xuanting feixing

悬停飞行 (hovering flight) 直升机相对于地面上某一点保持方向、位置不变或近似不变的飞行（见图）。在无风条件下悬停时，直升机完全没有空速，此时旋翼气动合力的铅垂分力等于直升机的重力。在有风悬停时，空速与风的来向相反，且与风速相等，此时除保持旋翼气动力的铅垂分力等于直升机重力之外，还应使旋翼气动合力的纵向分力或侧向分力与气动阻力相等。

悬停飞行性能是直升机飞行性能的重要组成部分，主要用悬停升限来表示。悬停升限是直升机在标准大气条件下能够保持悬停的最大高度。可分为悬停理论升限（理论静升限）、悬停实用升限（实用静升限）两种，其大小等于最大垂直爬升率减小至0或规定值（一般取0.5米/秒）时所对应的飞行高度，可以根据旋翼可用功率与旋翼所需功率计算得出。悬停升限还可分为有地效悬停升限和无地效悬停升限两种。地面效应使旋翼的有效拉力增加，所以，有地效悬停升限大于无地效悬停升限。



直升机悬停飞行

悬停飞行是直升机飞行难度较大的课目之一，主要是因为直升机在悬停状态不具有动稳定性，受扰后的运动常常表现为增幅振荡过程。在悬停飞行中，要求驾驶动作要柔和、协调、及时修正偏差。飞行员的视线指向正前方或左前方，以观察地面为主。通过调整飞行姿态，保持直升机的位置不变；根据直接目测或高度表指示，操纵总距杆，保持飞行高度不变；操纵脚蹬，及时修正方向偏差，保持方向不变。在顺风或过大的侧风中悬停，操纵比较困难，通常在有风条件下应尽量采用逆风悬停。

（王旭东）

xuanting huizhuan

悬停回转 (spot gyration) 直升机在悬停状态下改变方向的飞行。悬停回转属于悬停机动飞行。亦称悬停转弯。在风速不大的条件下，直升机可以向左或向右作任意角度的悬停回转。常用来调整起飞、着陆方向，遂行营救、警戒、搜索等战术任务。单旋翼带尾桨直升机悬停回转的实施高度一般不低于3米，操纵动作要求柔和、协调，回转角速度不宜过大。进入悬停回转时，向回转方向操纵脚蹬以改变尾桨拉力，进而改变直升机的方向。由于发动机功率要重新分配，左、右回转时，总距杆操纵不同。在有风条件下进行悬停回转，相对于直升机的风向不断变化，对稳定性和操纵性有一定影响，飞行员应根据风向、风速的变化，操纵驾驶杆、总距杆和脚蹬，以保持旋转角速度、高度和位置不变。

（王旭东）

chaoyue zhangaiwu feixing

超越障碍物飞行 (fly surpassing obstacle) 直升机在飞行中从遇到障碍物上方通过的飞行。简称越障飞行。包括越障机动飞行和越障起飞、着陆两种。越障飞行时，障碍物的高度不宜过高，必须满足直升机爬升性能的要求，并留有一定的安全余量。最典型的越障机动飞行动作是鱼跃越障。实施越障飞行，以总距杆操纵和驾驶杆的前后操纵为主，直升机的姿态和运动轨迹状似海豚跃起。越障起飞和着陆，必须采用垂直起降方式，操纵动作要准确、柔和，直升机不能有大的位移。越障飞行中，一般不能充分利用地面效应。

（王旭东）

guibi jidong

规避机动 (evasion maneuver) 直升机为避开障碍物或武器攻击所做的机动飞行。亦称规避飞行。规避机动主要包括快速蛇形转弯、快速升降、变速机动、悬停回转、蛙跳机动、利用地形和地物隐蔽等。飞行中遇有障碍物，不宜采用越障飞行时，采用蛇形转弯的方法绕开，直升机与障碍物之间要保持一定的安全间隔。当可能受到空、地武器攻击时，操纵直升机快速改变速度、高度和方向，以避开敌武器的射杀，或进入敌军的观察死角和雷达盲区。规避机动通常在超低空范围内实施，要求飞行员熟悉直升机性能，操纵动作要准确、果断，合理分配注意力，充分利用地物、地貌。

（王旭东）

diaogua feixing

吊挂飞行 (suspension flight) 直升机执行机外吊挂运输任务的飞行（见图）。在军事和民用中得到普遍运用。吊挂飞行时，货物通过钢索联结在外挂装置上。外挂装置通常包括万向接头、吊货锁头（快卸锁）、外挂秤、外挂架、中间钢索、货钩等。从力学观点看，直升机与吊挂物构成了一个复摆系统，它会给直升机的稳定性、操纵性、机动性带来一定影响。飞行中，气流、重心等因素变化，可能引起外挂物旋转、摆动、上下弹跳。如果其中某种频率与直升机旋翼的固有频率发生耦合，或者与飞行员操纵频率发生不恰当的耦合，会导致直升机飘摆或诱发振荡，危及飞行安全。外挂物的惯性、阻尼等因素，会使飞行员的操纵有明显的迟缓感觉。吊挂飞行速度和加速度不能太大，不宜作变速飞行，转弯飞行的坡度不能大。要求飞行员的操纵要柔和、准确，采用正确的起吊方法，保持稳定的前飞速度和缓慢的转弯机动。

为保证直升机吊挂飞行的安全，对吊挂货物的重量、吊索长度、悬挂位置、位形以及吊挂物的捆扎形状都有明确规定。如吊索长度的确定应满足直升机与外挂物之间不发生有害干扰，尽量减弱吊挂物的摆动，悬挂位置应通过或靠近



直升机吊挂飞行

直升机重心，采用稳定性大的吊挂位形或使用转环，货物应捆绑成球形、正方体或长方体。（黑文泰）

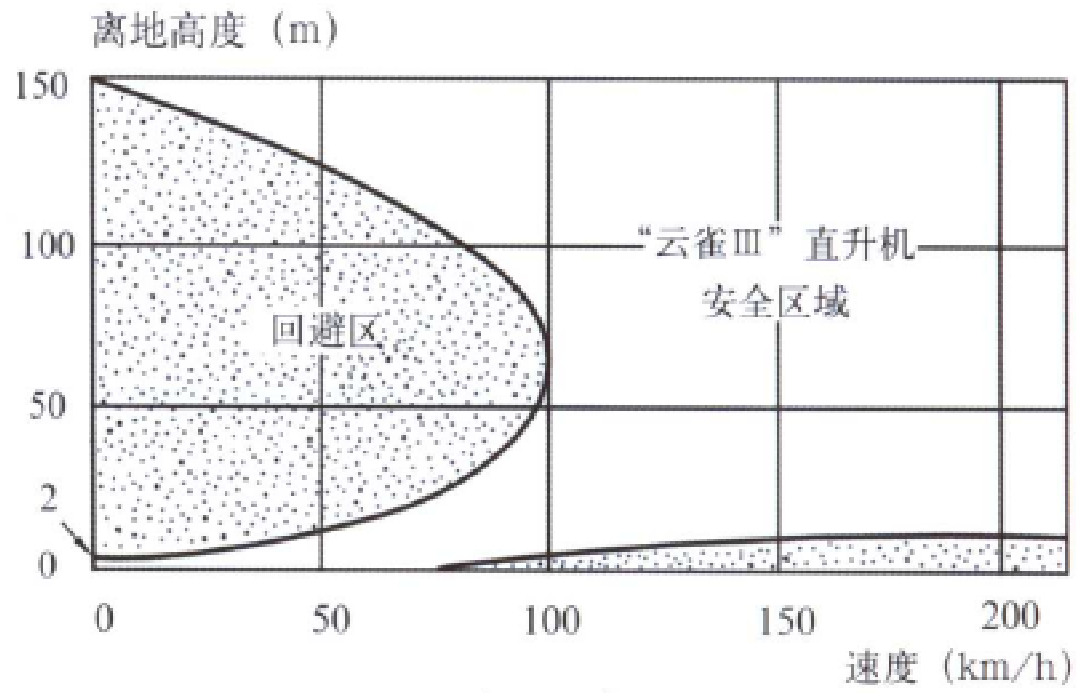
guodu feixing

过渡飞行 (transition flight) 直升机的悬停与前飞之间状态转换的飞行。过渡飞行中，常伴随着振动加剧、状态不稳、所需功率发生明显变化等现象。由悬停转入前飞时，通过旋翼的气流由轴向变为斜吹，旋翼涡系由同心漏斗形转换成倾斜涡面或平涡面，桨盘的平均诱导速度减小，旋翼诱导阻力功率减小，使所需功率明显减小；同时，旋翼桨盘相对气流的不对称性加剧，导致桨叶自然挥舞增大，使作用于旋翼和整个直升机上的空气动力发生显著变化。由前飞转入悬停时，变化情况与上述相反。

在过渡飞行速度范围内，直升机发生的振动，俗称“过渡速度振动”。此现象主要是由旋翼涡系转换过程中的涡桨干涉引起的。即桨叶逸出的自由涡，碰到后继桨叶，引起桨叶当地迎角突变，产生脉动的瞬时气动载荷，使桨叶出现抖振，引起直升机振动。旋翼滑流对机身、尾梁、短翼、水平安定面等的气动干扰，也是导致“过渡速度振动”的原因。“过渡速度振动”的强烈程度因机型而异。为减轻振动的影响，飞行中应尽快地通过这一速度范围。（黑文泰）

huibiqu

回避区 (avoid shaded area) 直升机在发动机停车后，来不及转入以接近经济速度作稳定自转下降的高度和速度范围。亦称安全图线，旧称危险区（见图）。图中阴影部分即为回避区。无特殊需要，直升机不应在此区域内飞行。直升机从发动机停车到转入以经济速度做稳定自转下降，需要损失一定高度，回避区的上限就是依此而定的。悬停时的上限最高，随前飞速度增大，上限降低。回避区的下限，由起落架的承载能力而定，随前飞速度增加，



回避区示意图

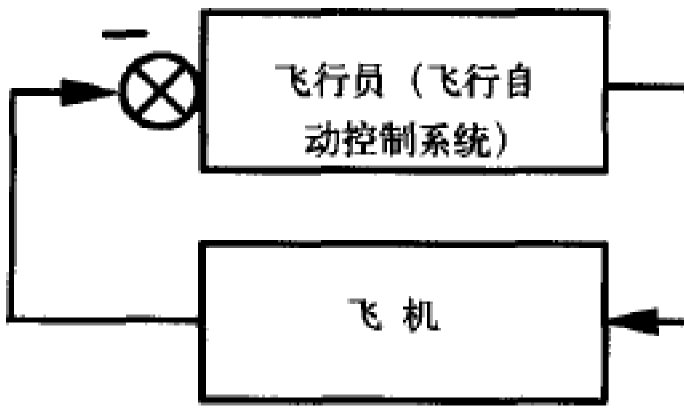
下限提高。直升机在上限高度以上飞行，均可以顺利地转入接近经济速度的稳定自转下降，是安全的。在下限高度以下飞行，直升机虽不能转入稳定自转下降，但依靠在直升机接地前的很短时间内，迅速上提总距杆，利用旋翼旋转的动能，可换取较大的旋翼拉力，减小下降率，使直升机缓慢接地，也是安全的。此外，直升机大速度飞行，离地面很近不安全，也应回避。随着速度的增大，该回避区的范围扩大。

（黑文泰）

feiji feixing kongzhi

飞机飞行控制 (aircraft flight control) 通过人工或自动操纵，使飞机的空中运动符合飞行员意愿的可控飞行。目的主要是通过稳定和控制飞机的姿态运动和质心运动，完成飞行任务。有人工操纵和自动控制两种实现方式。人工操纵指飞行员通过机上人工操纵系统操纵飞机舵面和动力装置，控制飞机的飞行。其特点是：飞行员直接参与控制过程，是“直接操纵者”。自动控制指通过飞行自动控制系统控制飞机的飞行。在此过程中，“直接操纵者”是“自动装置”，飞行员只起监控作用。飞机飞行控制是当前控制工程中的一个专门的高技术领域，它伴随着飞机的诞生和发展而发展起来。早期的飞机结构简单，性能要求不高，飞行控制完全可以由人工操纵来完成。随着飞机性能的不断提高，飞行任务日趋复杂，特别是大速度、高机动性战斗机和高空、远航程大型运输机的出现，对自动控制飞行的要求越来越高，自动飞行控制的应用更加广泛。

飞机飞行控制采用反馈控制原理（见图）。飞机与飞行员或自动控制系统按照负反馈原理组成闭环回路（飞行控制回路）。飞机是被控对象，飞行员或自动控制系统是控制器。控制量是驾驶杆和脚蹬的位移量（升降舵或全动平尾偏角、副翼偏角和方向舵偏角等）、油门杆位移量。被控制量主要是飞机的姿态角（俯仰角、方向角和坡度等）、飞行速度、飞行高度、偏航角等。在飞行控制回路中，被控制量按照负反馈原则，送回控制装置并与控制量进行比较。飞机在空间的运动十分复杂，具有6个自由度，通常用机体坐标系、地面坐标系和速度坐标系加以描述。可以根据坐标系之间的相对关系，把飞机的空中运动分为绕机体轴的姿态运动和用地面坐标系表示的质心运动两种基本形式。飞机飞行控制的本质就是通过改变飞机舵面偏角，产生（改变）相应的气动力及力矩，或改变动力装置的主动力，对这两种运动进行稳定与控制。以人工稳定俯仰角的情形为例：若飞机在平飞过程中受到扰动使机头上仰，飞行员通过观察得到俯仰角的偏差，经过思维判断并作出操纵决策，前推驾驶杆驱使升降舵向下偏转，水平尾



反馈控制原理示意图

翼升力增加，对飞机重心构成下俯力矩使飞机低头；随着俯仰角偏差逐渐减小，飞行员把驾驶杆拉回。飞机驾驶过程就是感知发现、判断决策、安稳操纵3个环节循环往复的控制过程。在这个过程中飞行员是控制器，飞机是被控对象，俯仰角是被控制量，驾驶杆位移是控制量。若自动控制完成上述过程，则飞行自动控制系统成为控制器，升降舵偏角为控制量。

飞机飞行控制按照飞机与控制装置之间的联系，分为闭环控制和开环控制。按照被控制参数性质不同，分为飞行姿态控制和飞行轨迹控制。飞行姿态控制主要控制绕机体轴的姿态角（俯仰角、侧滑角和坡度等）及角速度，包括纵向姿态控制和侧向姿态控制。飞行轨迹控制主要控制飞机质心的位移及速度，主要有飞行高度控制、侧向轨迹控制、空速或马赫数控制等。按照任务不同，可以分为飞行高度保持与控制、飞行速度保持与控制、下滑着陆控制、导航、空中交通管制、地形跟随与地形回避控制等。着眼于提高飞机飞行品质的飞行控制有增稳和控制增稳、飞行边界控制、阵风缓和控制、主动颤振抑制、机动载荷控制、乘座品质控制等。

（王旭东）

feixing guiji kongzhi

飞行轨迹控制 (flight patch control)
按照飞行员的意图，通过一定的操纵，使飞机的质心沿着给定的轨迹运动的可控飞行。飞机飞行控制的一种。一般包括飞行高度控制、下滑着陆轨迹控制、侧向轨迹控制、地形跟随与地形回避控制等。飞行轨迹控制可以通过人工操纵方式实现，亦可以通过自动控制方式实现。飞行高度控制包括高度保持和预选高度控制两种基本工作状态。下滑着陆轨迹控制主要包括下滑轨迹控制和着陆拉平轨迹控制。侧向轨迹控制是指对水平面内的飞行轨迹的保持与控制，一般通过协调转弯的途径来实现，其实质是对侧向轨迹偏离参数的控制。地形跟随与地形回避控制是指有效地利用地形的起伏和敌防御雷达的盲区，控制飞行轨迹，以躲避障碍物和敌防御系统的袭击。地形跟随主要是对飞机在铅垂面内真实高度的控制，而地形回避则是对飞机侧向轨迹的控制。一般通过地形跟随系统与地形回避系统，以自动控制方式完成。

（王旭东）

feixing zitai kongzhi

飞行姿态控制 (flight attitude control)
通过一定的操纵，使飞机姿态运动符合飞行员意愿的可控飞行。飞机飞行控制的一种。飞机的姿态运动是指飞机绕本身质心的运动。飞行姿态控制有人工操纵和自动控制两种方式，实现姿态角稳定和姿态角控制两个基本功能。姿态角稳定指在给定飞行状态下，飞机受到扰动，基准状态被破坏，通过一定的操纵，飞机可以迅速、准确地恢复到原来的姿态角。姿态角控制指给人工操纵系统或飞行自动控制系统施加一个控制信号，使飞机改变原来的基准状态，在新的姿态下稳定飞行。一般将飞行状态控制分为纵向姿态控制和侧向姿态控制。纵向姿态控制是对飞机绕机体横轴转动，即俯仰角（或迎角）变化的稳定与控制。侧向姿态控制是对绕机体纵轴和机体立轴转动，即坡度（倾斜角）和方向角变化的稳定与控制。由于飞机绕机体纵轴和立轴的运动及力矩存在着相互交叉关系，通常将飞机的滚转运动和偏转运动综合分析。

人工控制飞行姿态通过人工操纵系统来实现。进行纵向姿态（俯仰角）控制时，飞行员根据地平仪的指示，或根据天地线与机头、风挡之间的关系位置，判断飞机俯仰角的变化。通过前后操纵驾驶杆，改变升降舵（全动平尾）偏角，保持或改变飞机俯仰角。进行侧向姿态控制时，飞行员根据地平仪、转弯侧滑仪等仪表的指示，或根据天地线、前方参照物与机头、风挡之间的关系位置，判断飞机的侧向姿态（坡度和方向角）变化。协调操纵驾驶杆和脚蹬，偏转副翼和方向舵，产生滚转力矩和偏转力矩，以达到控制侧向姿态的目的。

自动控制飞行姿态通过飞行姿态控制系统（飞行自动控制系统中的一个子系统）来实现。飞行姿态控制系统一般由姿态敏感元件，综合计算装置，信号给定装置和执行机构等组成。若要改变俯仰角，飞行员通过给定装置给出一个俯仰角信号，该信号通过综合计算装置和执行机构，驱使升降舵（或全动平尾）偏转相应的角度，产生操纵力矩，使飞机俯仰角变化。当俯仰角达到所要求的值后，系统达到平衡，飞机保持在新的俯仰角下飞行。侧向姿态控制系统一般由方向舵通道和副翼通道组成。副翼通道中的敏感元件是垂直陀螺仪，用于感受坡度的变化。方向舵通道中的敏感元件是航向陀螺仪，用于感受方向角的变化。目前一些高性能战斗机和先进民航飞机的侧向姿态控制系统，充分利用侧向运动交叉协调的特点，仅用副翼通道实现侧向姿态控制。

（王旭东）

feixing sudu kongzhi

飞行速度控制 (flight speet control)
按照飞行员意图，通过一定的操纵，使飞机以恒定或选定的飞行速度飞行。飞机飞行控制的一种。可以通过人工操纵方式实现，也可以通过自动控制方式实现。按照被控参数不同，飞行速度控制分为空速控制和M数控制两类。空速控制往往用于飞行终端区，如进场或着陆等阶段，而M数控制用于高空巡航阶段。

飞行速度是描述飞机飞行状态的基本参数之一。调节飞行速度可以通过改变飞行阻力或发动机推力来实现。现代飞机的飞行速度控制方案主要有3个：①通过前后操纵驾驶杆，偏转升降舵（或全动平尾），改变飞机的俯仰角（或迎角），引起飞行阻力变化，以控制飞行速度。②通过操纵油门杆，改变发动机推力大小，以控制飞行速度。这种方案中推力的变化量不是全部对飞行速度起作用，俯仰角和飞行高度也会发生变化，一般应辅以驾驶杆操纵。③速度和俯仰角的解耦控制。其目的是解除飞机本身存在

的速度与俯仰角的耦合，互不干扰地控制俯仰角和速度，这种方案必须通过飞行自动控制系统完成。

人工操纵方式控制飞行速度时，飞行员主要根据空速表或M数表的指示，与预定空速或M数进行比较，按照上述第一方案或第二方案操纵飞机，或使用空气阻力板（也称减速板）、扰流片等装置，达到控制空速或M数的目的。早期飞机没有必要自动控制飞行速度。随着飞机性能的不断提高，近年来飞行速度自动控制技术已被越来越多的高性能飞机所采用。自动控制飞行速度通过飞行速度控制系统（飞行自动控制系统中的一个子系统）来完成，一般用自动油门系统调节发动机推力，选取上述3个方案中的一种作为控制方案。飞行速度控制系统一般由速度敏感元件、综合计算装置、速度给定装置和执行机构等组成。

（王旭东）

feixing moni

飞行模拟 (flight simulation) 飞行员在空中驾驶飞机或在地面飞行模拟机（器）上模仿某种特定条件下的飞行活动（见图）。目的是提高部队飞行训练质量和空战能力。飞行模拟通常先在地面飞行模拟机（器）上进行，然后在空中驾驶飞机上模拟。在模拟机（器）上不受天气限制，既经济又安全。

飞行模拟内容广泛，主要有：驾驶技术模拟、战斗技术模拟、特殊情况处置模拟等。二十世纪五六十年代前因没有先进的飞行模拟器，飞行员地面飞行模拟采用的方法简易，用小飞机模型演练飞行实施动作程序，用杆舵练习器练习飞行动作的操纵要领，用风挡框熟记空中各段动作的关系位置；空中飞行模拟因飞机性能所限也不逼真，如飞行员改装歼-6飞机，因没有同型教练带飞，为使飞行员掌握歼-6起落航线飞行特点，用歼教-5在空中模拟歼-6起落航线数据、四转弯进入时机、高曲线下滑着陆等。

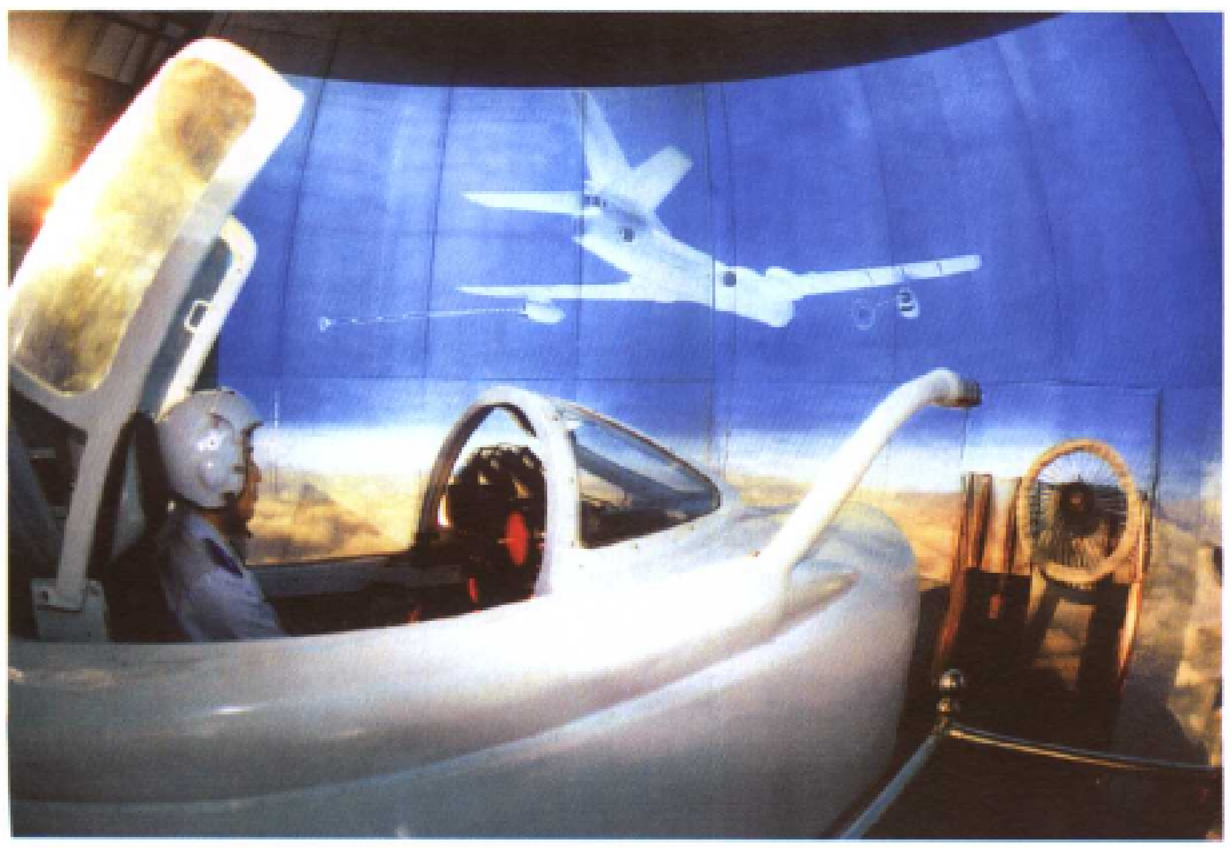
战斗技术飞行模拟始于1968年1月至5月间。当时，美国海军航空兵吸取越南空战中失利的教训，采用了战斗技术飞行模拟训练。以F-5飞机模拟米格-21飞机，以改装后的A-4飞机模拟米格-17飞机，实行异型机间的对抗空战训练。各国空军不但在战术飞行模拟上效仿美国空军，而且同美国空军一样又将未来作战对手的飞机及战术动作输入飞行模拟机（器），供飞行员飞行模拟训练，从而使飞行员在近似实战的条件下得到锻炼，增强了空战能力。

特殊情况处置飞行模拟，在现代化的地面飞行模拟器上可以实现。飞行员在飞行模拟时，教员可设置发动机停车、发动机转速下降、温度指零等各种特殊情况，当飞行员判断出特殊情况现象、性质，并实施处置后，犹如在空中成功地处置了一起特殊情况。

（王久增）

kongzhan moni

空战模拟 (air combat simulation) 运用数学或物理方法模仿空战环境、空战过程的活动。可在歼击机与歼击机之间、歼击机与其他机种或其他机种之间进行。是空军作战运筹分析和空战演练的重要手段。目的是研究空战规律，启迪空战思想，探讨空战指导原则，检验空战武器战术技术性能，评估空战方案，为空战训练和空战决策提供科学依据。按所采用的技术手段，可分为实兵演练、图上作业、计算机仿真、解析模型模拟等；按模拟对象和目的，可分为战役战术模拟和武器装备技术模拟；按空战规模，可分为空军战役模拟、空军合同战术模拟和空军兵种战术模拟；按指挥干预方式，可分为双方干预的自由对抗模拟和单方干预的人机对抗模拟。传统的空战模拟通常用物理手段进行图上作业，按演习内容设定空战样式，对结论或其他随机事件、现象和过程依据空战规则和战术技术数据，通过数学方法处理，或由导演人员裁定。传统的实兵演练，则是空战模拟的最后阶段，是一种综合性的模拟方法。


空中加油模拟机 王立平摄

现代的空战模拟已广泛采用计算机技术，由中央控制计算机、指挥操纵台、大屏幕显示环境、各种输入设备及仿真飞机座舱等硬件和根据不同规模、不同空战类型及模拟方法的需要编制成的空战软件组成模拟系统。各有关设备根据任务及功能要求互相联网，用于不同的空战模拟。系统能提供逼真的空战试验平台，如空军战役模拟训练系统，战术推演系统，技术仿真系统，空战模拟器，空中模拟器等。可以模拟复杂的空战环境和空战过程，检验实战方针、策略和计划，预测空战效果，提出改进措施；评估航空武器装备系统的效果，论证改进方案；训练各级各类指挥员和战斗员，提高其组织指挥能力和决策谋略水平；研讨空中战役和战术原则及后勤保障需求，启发新的作战思想。系统还具有设定空战背景与模拟演习课题；设置和部署参演兵力和预备兵力，显示作战空域景象和态势并进行态势更新，推进空战演习进程，调整控制模拟作战时间与自然时间的比例；接受空战指挥命令或作战方案，并模拟执行；提供实时干预手段，拟制、传递作战文书报表；处理空战过程中侦察发现、武器使用等冲突事件；判断空战结果，发布作战信息；提供情报资料的查询和管理，记录作战过程中的伤亡、实力消长等数据资料；提供空战重演等功能。

计算机化空战模拟训练的主要优点是：作战态势描述逼真，形象直观；计算快速准确，对随机因素的变化处理合理；辅助咨询功能大，能为指挥员提供更多的便利；加快航空兵部队飞行人员的培养，节省训练时间与人力、物力、经费，减少装备、器材、弹药的损耗；

不受气候、地形、时间等条件的限制；准确快速简便，易于反复研讨和演练；安全可靠，能用于高难度空战课目的训练实施。（李法忠 谢永青）

feixing teshu qingkuang chuzhi

飞行特殊情况处置 (in-flight emergency procedures) 对飞行特殊情况所采取的措施。包括飞行员主动采取的措施和飞行指挥员对飞行人员下达的指令及有关保障人员采取的措施。通常指飞行员主动采取的措施。飞行特殊情况是指突然发生的、直接或间接危及飞行安全的情况。主要有：发动机部分或完全停止工作；飞机或飞机上某些设备发生故障或损坏，以致不能正常飞行；飞机起火；陷入危险天气或遇到飞行人员不能胜任的复杂天气；地面保障出现异常情况，不能正常飞行；飞行员发生错觉或操纵错误使飞机进入复杂状态；迷航；飞行人员受伤或突发疾病等。

飞行特殊情况产生的原因 ①人为因素。飞行人员在飞行中违章违纪；飞行技能水平不高，不能正确处置飞行中出现的情况；飞行准备不充分或发生错忘动作；生理、心理素质不能适应飞行的特殊环境，出现晕厥、昏迷、严重错觉及操纵失误等现象。飞行指挥员的错误指挥和指挥失误。工程机务和其他保障人员工作差错，导致飞机、设备工作状况达不到飞行的要求。②航空器材、设备的因素。飞机的飞行品质差，超出了飞行员的心理反应能力和生理承受能力；飞机及设备结构布局不合理或设计缺陷；飞机的维修工作质量没有达到规定要求，造成飞机带故障升空；飞机设备和其他机械设备超条件和超限度使用。③飞行环境和保障条件的因素。飞行区域气象条件超出了飞行人员的技术水平和飞机的性能；机场及活动区域的地理特征复杂、生态环境不利飞行，飞行人员对其研究不透、掌握不好；飞行保障技术设备发生故障或受到其他因素破坏。

飞行特殊情况的特性 ①突发性。飞行特殊情况是在正常飞行中突然出现的异常情况，飞行员在事先对发生时机不可能预知，更不可能在预定飞行秩序中设置处置方法；情况出现得很突然，完全出乎飞行员的意料之外，极易造成飞行员心情紧张。②危害性。飞行特殊情况的突然性，决定了作出判断处置的复杂性。特殊情况一旦产生，其危害性便与之俱来，并随着情况的发展越来越严重。③紧迫性。特殊情况一旦发生，就要求飞行员必须在较短的时间内进行判断处置。在多数时候，可供判断和处置的时间短暂，处置不及时或不正确可能会使情况趋于复杂，甚至导致处置失败。④关联性。一个特殊情况的出现，有可能引起其他特殊情况的出现。⑤多变性。飞行特殊情况表现形态和性质是不稳的，随着多种因素的变化而变化。

飞行特殊情况处置原则 ①积极主动。飞行员在处置特殊情况时，必须明确自己的主体地位，充分发挥主观能动性，积极判明情况、寻找对策，主动实施处置操作。②沉着及时。处置特殊情况时，飞行员必须始终保持清醒头脑，根据情况的紧迫程度，沉着而不慌张、及时而不迟疑地作出判断决策并付诸实施。③简化局面。特殊情况发生后，应正确处理正常操纵与处置特殊情况操作之间的关系，尽量减轻正常操纵的负荷，相对集中注意力用于处置特殊情况，最大限度地争取并保持有利的态势，为提高处置成功率创造良好的条件。④趋利避害。处置特殊情况，应从其性质和条件出发，运用正确的思维和操作方法，力求当时情况下的最好结果。既防止无所作为的消极行为，也防止为了不切实际的目标而导致更加严重的后果。⑤随机应变。随着特殊情况的变化，及时调整处置行动的具体目的和方法，使之与变化的客观实际情况相适应，增强处置针对性和有效性。⑥协同一致。充分发挥地面保障人员和编队中的邻机以及机组成员的作用，围绕统一的目标，从不同的侧面全面收集信息，实施判断决策和处置操作，以提高特殊处置的准确性和成功率。

飞行特殊情况处置程序、方法 ①根据故障现象（警告灯、牌的显示，语音警告及其他异常情况），判断、确定故障性质。②向飞行指挥员报告。③按照特殊情况处置预案、特殊情况检查单的提示、飞行指挥员的指令，对特殊情况进行处置。处置方法和具体操纵动作，按各型飞机飞行员驾驶守则的规定执行。飞行中遇到危及飞机和机上人员生命安全的情况时，应发出规定的呼救信号，并打开敌我识别器的呼救信号开关；情况许可时，还应报告飞机位置、遇险性质和所需要的援助。在国际航线上或国外飞行时，可使用国际通用的呼救信号；在战时和国内飞行时，则使用由中国人民解放军总参谋部规定的秘密呼救信号和波长。任何部队首长（飞行指挥员）在收到我机呼救信号后，均应立即打开指挥电台、导航设备和雷达等，尽快了解和判断飞机位置和遇险性质，采取一切措施援救遇险飞行人员。

（周贤根 丁邦昕）

pojiang

迫降 (forced landing) 飞机、直升机因特殊情况不能继续飞行时，被迫进行的非正常降落。在机场内实施被迫降落称为场内迫降，在机场外实施被迫降落称为场外迫降。导致被迫降落的原因主要有：发动机或飞机其他部件、设备发生故障、灭火成功后，迷航后无法复航或燃料耗尽，气象条件突然恶化，在空中与别的飞机或物体相撞，飞行人员健康状况突然变坏，劫机或非法越境，不服从空中飞行管制等。

在空中发生不能继续飞行的意外情况时，飞行员应迅速利用机上设备进行检测、判断所发生问题的严重程度，及时采取适当措施使潜在的危险减至最低限度。根据当时飞机的位置、意外情况性质、飞行参数等情况，尽量飞向最近的机场，实施场内或场外迫降。

场内迫降通常按本机型的规定建立或调整迫降航线，视情放下起落架，按降落程序操纵飞机着陆。若起落架不能自动放下，用手控放下；如手控仍不能将起落架放下，则应用机腹擦地着陆。为防止摩擦着火，未放起落架时，应在机场的土质备降道上降落；若必须降落在机场跑道上，有条件时在跑道上洒以泡沫灭火剂。

场外迫降应选择好迫降场地。迫降时不放起落架，须投掉所携带的副油箱、炸弹、水（鱼）雷、导弹等易燃、易爆物品，收起炸弹舱门。在飞机接地（着水）前，根据本机型要求，飞行人员应迅速打开或抛掉座舱盖，解开安全带、降落伞背带等，以便接地后尽快脱离飞机。在水上实施迫降，须迎着风浪（涌）接水。接水后放下救生艇（船），迅速脱离飞机。

（吴春发）

空中领航

kongzhong linghang

空中领航 (air navigation) 飞行人员在空中使用各种设备测定航空器相对于地球表面的位置，确定应飞航向、速度和高度，并将其引领到预定目标（地点）的活动。目的是实现航空器空中会合或与地面（海上）目标会合，对目标搜索、识别、侦察、轰炸和攻击，实施空降和规避地面防空武器等。是航空器飞行活动的重要组成部分。

空中领航设备 主要包括导航设备和飞行导航仪表。①导航设备种类繁多，按工作方式的不同可分为自备式和他备式两类。自备式导航设备不需借助本航空器以外的其他设备即可独立工作，如雷达、天文、多普勒、惯性等导航系统；他备式（协作式）导航设备则除航空器本身以外，还需借助地面或空间设备配合工作，如塔康、罗兰-C、奥米加、卫星等导航系统及各种着陆系统。为了取长补短，有的将两种或多种导航设备通过计算机组合成组合导航系统。②飞行导航仪表包括高度表，空速表，罗盘，航空时钟，航向姿态系统，水平、垂直位置指示器，具有多种功能的平视显示仪、下视显示仪以及为飞行导航仪表提供参数的大气数据计算机等。现代航空器通常装有由几种不同类型的导航设备组成的、由计算机控制的组合导航系统，以提高引领航空器航行的准确性和自动化程度。

空中领航方法 按使用设备不同，分为地标领航、推测领航、等压面领航、全自动领航、无线电领航、惯性领航、雷达领航、天文领航、卫星领航等。

简史 早期飞机的空中领航设备简陋，飞行人员主要是用地图同地面对照判定位置和飞行方向。1910年，英、法两国飞行员在飞行竞赛中，参照飞机上简易磁罗盘指示的飞行方向，沿着铁路、公路由伦敦飞到曼彻斯特，即是一次早期著名的空中领航活动。第一次世界大战期间，飞行员利用飞机上的磁罗盘、速度表、高度表和地图相结合，实施空中领航，并开始在空勤组内专设一名空中领航员。第二次世界大战中，由于雷达、无线电等技术的发展，飞行人员使用无线电领航设备、航空六分仪和天文罗盘等，实施空中领航。中国自1913年北洋政府创办航空学校起，就有了空中领航活动。1946年3月，在中国共产党创办的第一所航空学校中，开设了领航课程，1947年专设了空中领航班，开始培训空中领航员。1949年11月，中国人民解放军空军建立后，培训飞行人员及空中领航员的航空院校和航空兵部队得到很大发展，空军航空装备和各种导航设备不断更新，空中领航设备越来越先进，空中领航方法也不断改进和丰富。

展望 随着计算机、雷达、无线电、激光、红外、微光、空间定位、自动控制和其他科学技术的迅速发展，空中领航的主要技术即测定航空器位置，确定航空器应飞的航向、速度和高度，将由计算机和各种先进的领航设备所解决，空中领航自动化程度和准确性将越来越高。

（刘 岚 冯曰方）

kongzhong linghangxue

空中领航学 (science of air navigation) 研究空中领航活动及其规律的学科。主要内容包括领航基础知识，领航基本原理、方法，空中领航设备的基本原理及使用，空中领航误差及修正原理，空中领航准备与实施的程序及方法等。

简史 空中领航学是在航海理论的基础上逐步发展起来的。航空器的发展初期，只能在基地附近依靠普通地图与地面对照实施简单领航活动。第一次世界大战期间，随着机载仪表设备的发展，空中领航开始采用地标、罗盘等方法，空中领航学的基本理论开始逐步形成。第二次世界大战期间，雷达、无线电等技术发展迅速，领航设备和领航方法逐步多样化，对领航准备和实施的研究也不断深入，战争实践进一步推动了空中领航学的发展。战后，随着计算机、自动控制和其他科学技术的迅速发展，领航设备也得到不断更新，领航理论日趋完善，空中领航方法更加多样灵活，自动化、智能化程度越来越高，空中领航学也得到迅速发展。1954年，中国人民解放军空军司令部编印下发了《领航学》教材。1965年以后，先后3次出版了具有中国空军特点的《领航学教程》。

研究内容 ①空中领航的基本原理。主要研究航空器航行的基本规律，确定航空器的空中位置和测定航行元素（航向、空速、高度、气温、时间）的原理及方法。②空中领航的基本方法。主要研究使用不同定位手段实施空中领航的原理和方法。通常包括地标领航、推测领航、等压面领航、全自动领航、无线电领航、惯性领航、雷达领航、天文领航、卫星领航等。③空中领航设备的工作原理和使用。主要研究机载领航设备和领航仪表的工作原理，以及使用不同设备测算领航参数的原理和方法。④空中领航误差及其修正原理。主要研究使用不同设备和方法测算的误差，误差的产生原因和规律性，以及修正和减小误差，提高领航准确性的原理和方法。⑤空中领航的准备和实施。主要研究在各种不同条件下，综合使用各种领航设备，进行领航准备和实施领航的程序和方法。 （万志祥）

dibiao linghang

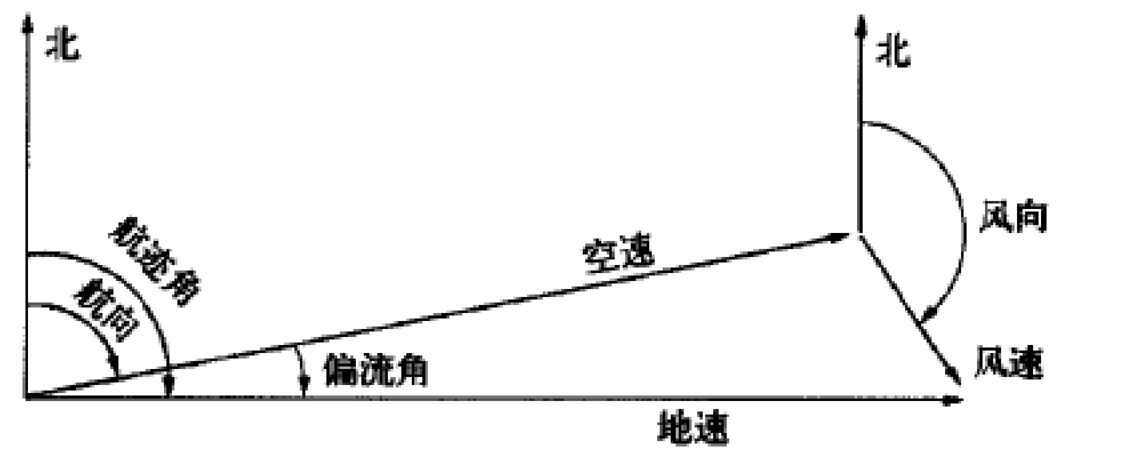
地标领航 (landmark navigation) 飞行人员在空中利用地图与地面对照，按辨认出的地标判定航空器位置，引领其飞行的领航方法。方法简单、可靠，只要在目视范围内有可供识别的地标就可采用，但受天气、夜间和地标条件的限制较大。在早期飞机设备简陋的情况下，地标领航曾作为一种主要领航方法广泛应用。随着机载领航设备和地面导航设备的发展，地标领航成为一种辅助领航方法。通常与推测领航结合使用，有时也和无线电领航及其他领航等结合使用。

（刘宇信）

tuice linghang

推测领航 (dead reckoning navigation) 飞行人员在空中利用磁罗盘等领航仪表推算航空器位置，确定应飞航向、到达时刻的领航方法。亦称罗盘领航或仪表领航。受天气、夜间和地标等条件的限制较小，是一种基本的领航方法。

航空器在飞行中，由于受风的影响，其相对于地面水平运动的速度（地速）向



航行速度三角形

量，是航空器相对于空气运动的速度(空速)向量和空气相对于地面水平运动的速度(风速)向量之和。它们之间的关系可用航行速度三角形表示(见图)。

飞行中已知某一时刻的航空器位置，根据磁罗盘指示的航向和测量(或用空中风计算)的偏流角、地速，便可在地图上从已知位置画出航迹线，按飞过距离确定其位置，推算飞向目的地的应飞航向和到达时刻。但是，随着飞行距离的增长，推算的误差也将随之增大，因此应用推测领航时，必须根据不同情况，配合使用其他领航方法来消除推算的误差，以保证航行的准确性。随着导航设备的发展和技术的进步，推测领航方法已较少使用。航空器上装备的多普勒导航系统是一种自动推测领航设备，可以随时提供航空器的偏流角和地速，输给计算机，由计算机计算航空器位置和各种领航参数，从而实现推测领航的自动化。 (孔德亮)

luopan linghang

罗盘领航 (compass navigation) 见推测领航。

dengyamian linghang

等压面领航 (isobaric surface navigation) 应用气象学中的地转风理论，解算航空器位置线和偏流角的领航方法。

地转风是无加速度、无摩擦的空气水平运动。它是在水平气压梯度力与水平地转偏向力达到平衡时所形成的风。地转风的方向与水平气压梯度力相垂直，与等压线平行。其计算公式为：

$$U=\frac{g}{2\omega\sin\phi}\cdot\frac{\Delta H}{\Delta n}$$

式中U表示地转风速度，ϕ是纬度，g是重力加速度，ω是地球自转角速度，Δn是两点之间的距离，ΔH是两点之间同一等压面的高度变化量。

在飞行前，利用综合的等压面图，求出航空器到达途中各点时飞行高度上的等压面高差，算出等压面高度变化量、横向位移或风分量，进而求得其偏流角，并可选出飞往目的地的最短时间航线。由于综合的等压面图不是绝对准确，高差的变化也并不均匀，按高差变化率等值线修正等压面随高度和时间的变化所计算出的等压面高度变化量存在着误差。飞行中应根据实测的等压面高度变化量、空中的气温、云彩等来核对等压面的实况，还须用其他领航设备和方法来检查实际航迹。

等压面领航有着不依赖地面、不需要专门设备的优点，且在远程飞行时可缩短航线飞行时间。但只适用于纬度高于30°、飞行高度1 000米以上的海上飞行时使用，且需要有飞行地区准确的天气预报图，飞行准备工作也较复杂。 (万志祥)

quanzidong linghang

全自动领航 (automatic navigation) 飞行人员在空中使用领航设备自动测量信息、计算参数、修正误差，引领航空器按预定航线飞行的领航方法。按领航信息源的不同分为：由地面(或空间)设施提供信息的他备式自动领航系统，如机载塔康、罗兰-C、奥米加、卫星等自动领航系统；由机载设备本身提供信息的自备式自动领航系统，如机载多普勒、惯性、天文等自动领航系统；综合两种以上信息源构成的机载组合自动领航系统，一般是通过综合领航计算机运用余度容错技术，对各种信息比较、优化，以取得更佳领航效果。基本原理是用领航信息测量装置代替飞行人员的手工测量，用导航计算机代替飞行人员的手工领航计算。航空器起飞前，由自动领航系统自动生成飞行航线。飞行中，飞行人员只需观察监视自动领航设备的工作情况，发现问题及时调整处理，即可使其处于正常工作状态。

自动领航系统一般由领航信息传感器、领航计算机、控制显示器和接口装置等组成。以领航计算机为中心，按飞行人员要求的控制指令，对各种领航信息进行解算处理，获取各种领航参数，在显示器上显示出来，作为操纵航空器修正航迹的依据；还可将领航参数指令信号输入自动驾驶仪，自动操纵航空器修正领航误差，实施准确领航。

随着导航技术、计算机技术的发展，自动领航将趋向综合化、数字化和智能化。 (刘 平)

yibiao linghang

仪表领航 (instrument navigation) 见推测领航。

wuxiandian linghang

无线电领航 (radio navigation) 飞行人员在空中利用无线电领航设备，通过电磁波的发射与接收对航空器进行定向、定位、测距的领航方法。是复杂气象条件或缺乏明显地标区域飞行时的一种有效而简便的领航方法，但需依赖地面导航设备支持，易受干扰。通常同推测领航、惯性领航等方法相结合使用。无线电领航是20世纪20年代后期出现的一种领航方法。随着无线电技术的发展，陆续出现了利用无线电定向、仪表着陆、罗兰-C、奥米加、卫星子午仪、卫星定位等设备实施领航。

无线电领航设备，按其所测定的导航参数不同，可分为：①无线电测角系统。该系统有自动定向系统、全向定位系统和仪表着陆系统等。通过无线电波测定航空器和地面导航台之间的方位角。②无线电测距系统。主要是测距仪。通过无线电波测定航空器与地面电台之间的空间距离。③无线电测角测距系统。主要有塔康、航行雷达等，能同时测定航空器的方位和距离。④无线电测距差系统。主要有罗兰系统，奥米加系统等。通过测定航空器与两个地面电台之间的距离差来确定航空器的位置线。⑤星基导航系统。如美国的导航星全球定位系统(GPS)，俄罗斯联邦的全球卫星导航系统(GLONASS)、中国的“北斗”卫星导航定位系统等。通过测量至少3颗导航卫星的距离确定航空器的三维位置。 (刘 平)

guanxing linghang

惯性领航 (inertial navigation) 飞行人员在空中使用惯性导航设备测量、计

算各种参数，引领航空器按预定航线飞行的领航方法。一种完全自主的领航方法，不需要地面设备配合，不依赖外部信息，不受气象、天候、地区、季节和电子干扰的影响，但领航误差随飞行时间的增长而积累误差增大，需定时校正；地面准备工作的初始对准时间较长。

惯性导航系统一般由惯性测量装置、导航计算机和控制显示器等组成。惯性领航采用陀螺仪、加速度计惯性测量装置测量出航空器的加速度和角速度，通过计算求出航空器的地速、位置、航向和姿态角等，再通过领航计算获得各种导航参数，用于引领航空器航行。航空器起飞前，需在惯性导航设备上输入飞行航线，飞行中根据领航需要，选择显示画面，取得所需导航参数。

1942年，德国首次在V-2火箭上使用了简易的惯性制导装置。1954年，美国研制的惯性导航系统在飞机上试飞成功。60年代开始，陆续在各种航空器上普遍使用。随着激光陀螺捷联式惯导技术的发展，惯性领航将得到更广泛的应用，并趋于与卫星领航结合，取得更佳的领航效果。（刘　平）

leida linghang

雷达领航 (radar navigation)　飞行人员在空中利用机载雷达显示的地面影像，测定航空器位置、地速、偏流角，引领其按预定航线飞行的领航方法。雷达领航是伴随机载雷达的出现而产生的一种领航方法，具有发现目标距离远、观测范围较大、测定领航数据速度快、能全天候应用等特点，但易受电子干扰。

基本原理　航空器位置通常采用测量方位角和距离来确定。测量方位角是利用雷达天线定向辐射的特性，雷达天线把电磁波能量集聚成尖锐的波束，并使波束对目标所在区域进行扫描，回波最强时波束的指向即为目标的方位。测量距离时，首先选好比例尺，再利用荧光屏上的固定距离环通过目测实现。此时测出的距离是航空器到目标的斜距，通常就用这个斜距当成水平距离来定位，如果要求更准确，应根据飞行高度把斜距换算成水平距离。航空器速度通常采用距离差法测定，主要是通过测量荧光屏上目标影像的位移变化来实现。偏流角的测定是利用多普勒效应原理。当转动天线时，波束照射反射地段的方位角在变化，回波闪动频率也在变化。天线方向偏航迹线方向愈远，闪动愈快；天线方向愈接近航迹方向，闪动愈慢；当天线对正航迹线时，闪动最慢，此时天线方向即航迹线方向，而荧屏上扫描线偏离航向标线的角度即为偏流。

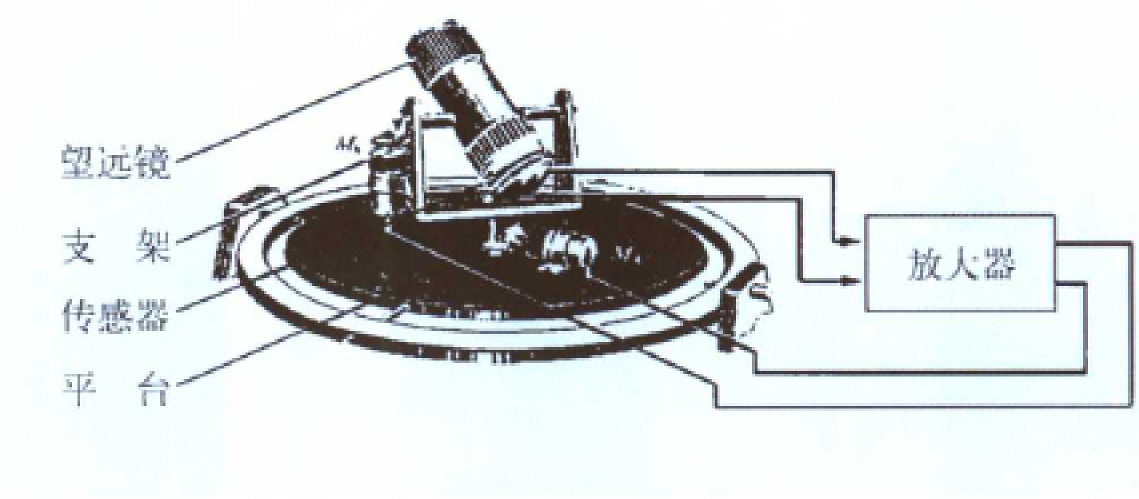


图2　自动六分仪

主要设备　应用较为广泛的机载雷达有：前视雷达、全景雷达、航行雷达和多普勒雷达等。其中前视雷达和全景雷达主要用于夜间或复杂气象条件下的领航或对地(水)面目标的瞄准轰炸等；航行雷达主要用于观测飞机前方雷雨区和湍流，探测地形和空中目标，并测定载机的偏流角和地速，提供航行所需数据，保障准确航行和飞行安全；多普勒导航雷达利用多普勒效应原理自动测定载机的偏流角和地速，为航空器提供航行信息。

随着电子技术的发展和战术要求的不断变化，雷达领航的自动化程度、适应范围和能力，领航数据和飞机位置的精度将进一步提高，成为领航的主要方法之一。（孟献忠）

tianwen linghang

天文领航 (astrogation)　飞行人员在空中通过测量天体与航空器的相关位置来确定飞行航向和位置，引领其按预定航线飞行的领航方法。具有不依靠地面设备，不受人工或自然形成的电磁场的干扰，不向外辐射电磁波，自主性和隐蔽性好，定位误差不随航行时间增长而积累，可在地球上任何一点应用等特点，但在昼间、云下或能见度差时使用会受到限制。特别适用于高空远程轰炸机、运输机和侦察机作跨越海洋、通过极地、飞越沙漠等飞行。

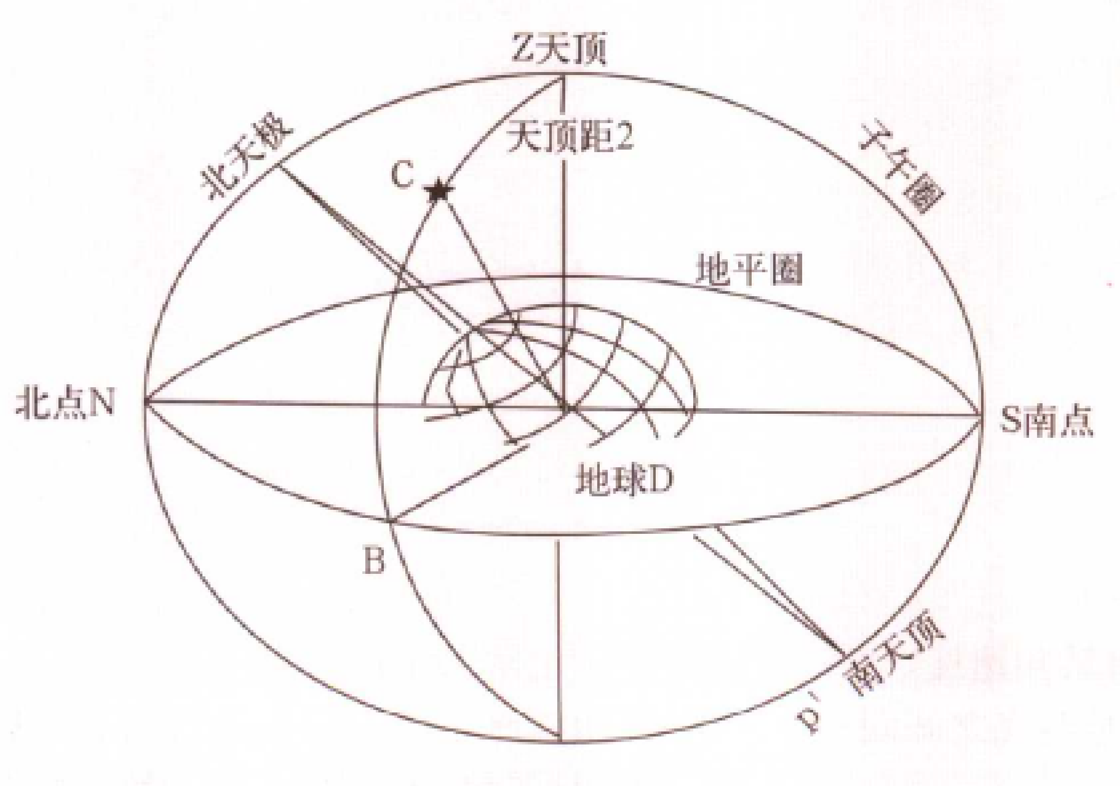


图1　天文领航定位原理图

基本原理　天文领航使用的天体主要是亮度较强的恒星。以天体作为参考点，使自动六分仪的望远镜自动对准天体方向可以测出航空器前进方向与天体方向之间的夹角(航向角)，由于天体在任一瞬间相对于南北子午线之间的夹角(天体方位角)是已知的，这样，从天体方位角中减去航向角就得到航空器的真航向。航空器位置通过测量天体相对于航空器参照面的高度来判定。以地平坐标系在航空器测得的某星体的高度角h，由90°−h可得天顶距；以天体在地面的投影点(星下点)为圆心，以天顶距所对应的距离R为半径作一圆，称为等高圆。同时测量两个天体，便得到两个等高圆。两圆交点得出航空器的实际位置和虚假位置，然后再用航空器位置的先验信息或第三个等高圆来排除虚假位置，即可得到航空器的真实位置(图1)。

仪器设备　最早的天文领航仪器设备是光学六分仪与天文罗盘。起初的航空六分仪是用气泡代替天水线，自动六分仪(图2)是用跟踪天体的光电系统来测定天体高度，而光电随机系统则是用精密的惯性平台来确定水平基准，所测得的是相对于人工地平的高

度，精度为1°左右。射电六分仪是全天候仪器，是光学六分仪的补充。天文罗盘除测定航向外，还可校正磁罗盘、电罗盘等其他航向仪表。根据测向原理，可分为地平式和赤道式两种。其中地平式天文罗盘由航向角传感器、放大器、方位角计算器等组成，且已逐步实现自动化。

简史 天文领航是在天文航海的基础上发展起来的。20世纪初，天文航海先后在横越北极(1926年)、大西洋(1927年)、南极洲(1928年)中发挥了重大作用，并经受了两次世界大战的考验。20世纪60年代以前，使用的仪器主要是光学六分仪和天文罗盘。而光学六分仪由于受气象条件限制较大，第二次世界大战后发明了射电六分仪，后陆续采用了光电跟踪与夜视技术。天文罗盘一直是航空导航设备的组成部分。60年代以后，出现了星光自动跟踪器，可直接给出飞机的位置和航向。现代新型的天文领航把星光自动跟踪器、惯性平台、计算机、信号处理与信号发生器结合在一起，组成全自动天文领航。天文领航经常与惯性领航、多普勒领航、无线电领航等组成组合领航，从而提高了领航的精度与适应力。 （孟献忠）

weixing linghang

卫星领航 (satellite navigation) 飞行人员在空中利用导航卫星提供的无线电信息测定航空器位置和各种导航参数，引领其按预定航线飞行的领航方法。具有全天候和领航区域广、领航精度高、机载设备体积小等特点，但易受电子干扰。

卫星领航的基本原理和无线电领航的原理相同，不同的是导航台站放在卫星上，成为活动的空间发射台。航空器上的卫星接收机通过卫星接收天线搜索跟踪导航卫星实施定位，获得航空器的位置坐标和即时时刻、高度等，航空器上的卫星导航计算机利用这些信息和从控制器送来的领航指令进行解算，求得各种导航参数，引领航空器按预定航线航行。航空器起飞前，需在卫星导航设备上加载飞行航线，飞行中根据领航需要，选择显示画面，取得所需导航参数。机载卫星导航设备主要由卫星接收天线、卫星接收机、导航计算机和控制显示器等组成。

20世纪50年代，美国研制出卫星子午仪，60年代投入使用，开始出现卫星领航。70年代，美国研制了导航星全球定位系统(GPS)，投入使用后在美国及世界上许多国家大量应用，各种航空器普遍使用卫星领航。90年代，俄罗斯联邦研制出了全球卫星导航系统(GLONASS)，并投入使用。中国人民解放军研发的“北斗”卫星导航定位系统也已开始投入使用，卫星领航将得到更广泛应用。 （孟献忠）

kongsu

空速 (air speed) 航空器相对于空气运动的速度。量度相对速度时，以沿航空器纵轴方向的气流为准，其大小通过空速管对相对气流总压和静压的测量，由空速表显示出来。一般以千米／时或海里／时为单位。空速包括指示空速和真空速，即表速和真速。指示空速经过修正仪表误差后，成为修正空速，修正压缩性误差，成为当量空速，再修正密度误差就成为真空速。空速是飞行人员驾驶飞机和进行领航计算的基本参数。正确选用空速，能增长飞行距离或时间，而且对空战中构成有利的态势十分重要。在飞行实施中，飞行员应按规定的真速或表速保持飞行状态。 （曲作邦）

disu

地速 (ground speed) 航空器相对地面运动的水平速度。是空速与风速的向量和。一般以千米／时或海里／时为单位。在无风的情况下航行，地速同空速相等。在有风情况下，地速与空速常不相等。在空速一定的情况下，地速大小取决于空中风的方向和速度。在顺风、顺侧风航行时，地速大于空速；在逆风、逆侧风航行时，地速小于空速；在正侧风航行时，地速同空速近于相等。地速是推算航空器位置和预达时刻的必要数据。 （曲作邦）

biaosu

表速 (indicated airspeed) 亦称指示空速。见空速。

zhensu

真速 (true airspeed) 亦称真空速。见空速。

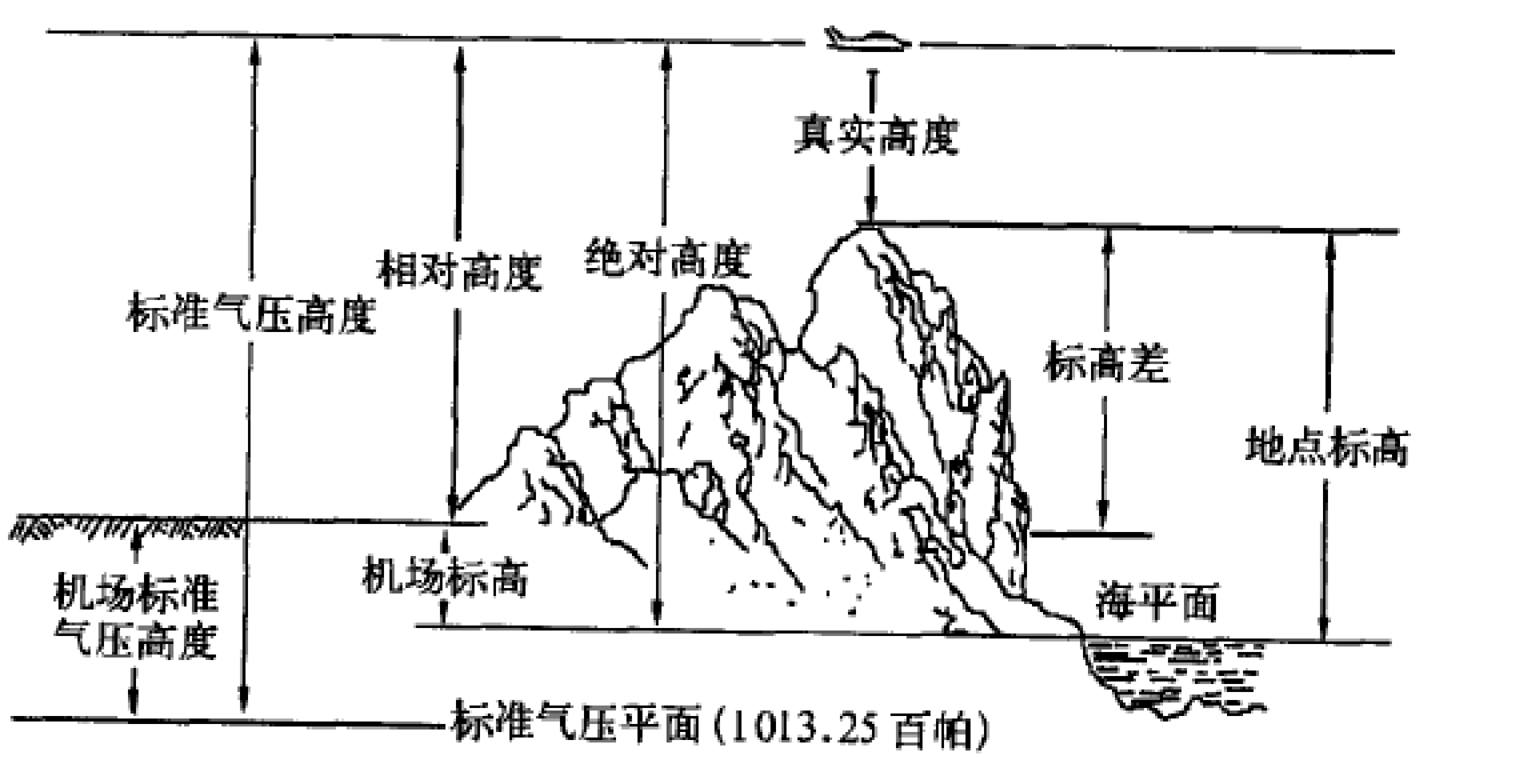
lingdian gaodu

零点高度 (zero altitude) 把航空器上的气压式高度表以某一标准气压面为基准时所指示的标准表高当作其起降为零时的高度。高原机场气压一般都低于670毫米，若航空器上使用的气压式高度表的气压刻度范围为670～790毫米时，就无法定场压。为此，通常将高度表的基准气压定在760毫米，此时高度表将指示一个标准表高（就是该机场离760毫米气压面的高度），把这一高度当作航空器起飞降落的零高度，就是零点高度。确定的方法主要有两种：一种是以标准气压面1 013.25百帕或760毫米作基准面，在航空器接地的时候，高度表指示的就是机场的标准表高，零点高度就等于机场的标准表高；一种是以机场海平面气压面作基准面，把以海平面的气压面为基准的机场表高作为零点高度。对于带三角形指标的气压高度表，还可以选择机场的气压面作为基准面。 （赵嵩岳）

juedui gaodu

绝对高度 (absolute altitude) 空中航空器至平均海平面的垂直距离（见飞行高度示意图）。计算公式：绝对高度＝相对高度＋机场标高，或：绝对高度＝真高＋地点标高。主要用于场外航线飞行。

（赵嵩岳）



飞行高度示意图

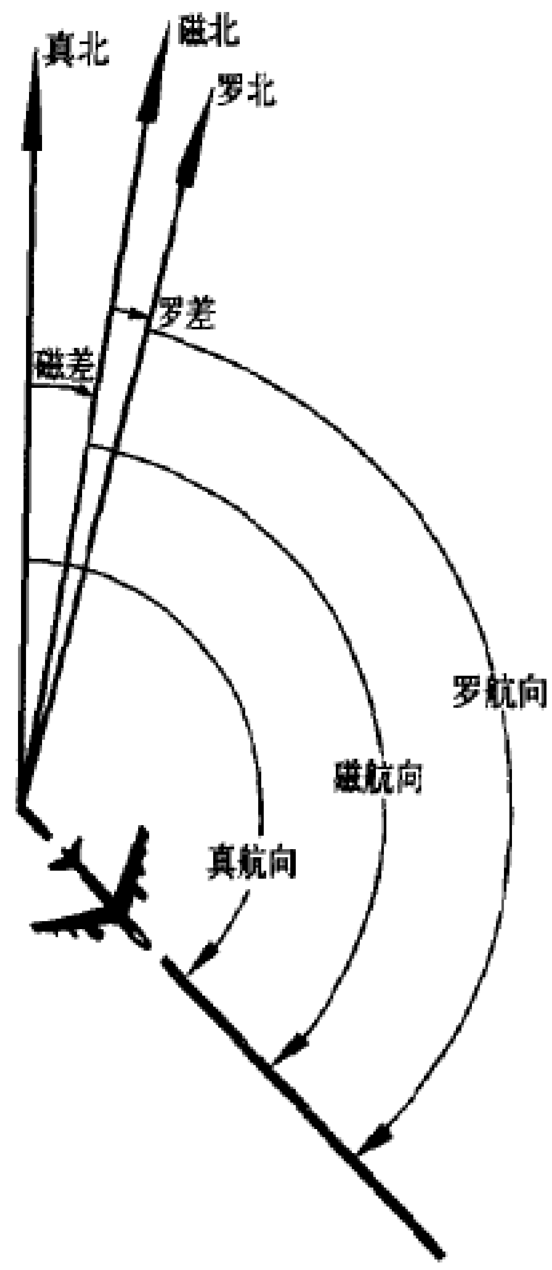
xiangdui gaodu
相对高度 (relative altitude) 空中航空器至机场平面的垂直距离(见飞行高度示意图)。计算公式：相对高度=绝对高度-机场标高，或：相对高度=真实高度+标高差。主要用于航空器起飞降落、场内飞行。 (潘双陆)

zhenshi gaodu
真实高度 (true altitude) 空中航空器至正下方地(水)面的垂直距离(见飞行高度示意图)。简称真高。计算公式：真实高度=绝对高度-地点标高，或：真实高度=相对高度-标高差。主要用于实施轰炸、强击、空投和空中照相等。 (潘双陆)

anquan gaodu
安全高度 (safe altitude) 保证空中航空器不与地面障碍物相撞的最低飞行高度。计算公式：飞行安全高度=航线最大标高+最小安全余度。航线最大标高指航线左右规定范围内的最大标高，并包括其上建筑物的高度；最小安全余度指在障碍物上空飞行的最低真高。《中国人民解放军空军飞行条令》规定：安全高度在平原地带应高出航线两侧25千米范围内的最大标高400米，在山岳地带应高出600米。为了保证飞行安全，每次飞行必须计算安全高度。 (潘双陆)

gaodubiao bozhengzhi
高度表拨正值 (altimeter setting) 气压式高度表气压平面的气压调定值。用以调整气压式高度表的气压平面，使之指示所需的气压高度。航空器起飞和着陆前定场压或修正海压，飞行中通常定标准海压。通常在航空器着陆前把高度表基准面的气压拨定到机场跑道面的实际气压。但如要求的高度更精确，还应作温度订正，以便消除由于气温和气温垂直递减率不符合标准大气时带来的误差。 (赵嵩岳)

feixing hangxiang
飞行航向 (flying course) 飞行中的航空器纵轴向前延长线所指示的方向。简称航向。用从经线北端顺时针量到航空器纵轴向前延长线的角度表示。范围



航向示意图

是0°～360°。是航空器飞行的基本元素。航空器转弯时，飞行航向不断变化，向右转弯时，飞行航向不断增大；向左转弯时，飞行航向不断减小。测定的主要仪表是罗盘。按使用经线的不同，分为真航向、磁航向和罗航向(见图)。真航向为从真经线北端顺时针量到航空器纵轴向前延长线的角度；磁航向为从磁经线北端顺时针量到航空器纵轴向前延长线的角度；罗航向为从罗经线北端顺时针量到航空器纵轴向前延长线的角度。 (张 伟)

cihangxiang
磁航向 (magnetic course) 见飞行航向。

luohangxiang
罗航向 (compass course) 见飞行航向。

zhenhangxiang
真航向 (true course) 见飞行航向。

yingfei hangxiang
应飞航向 (adjusted flying course) 使航空器的飞行航迹与航线重合所应采取的飞行航向。由于侧风的影响，如果保持飞行航向等于航线角飞行，航空器的航迹将会偏离航线。要想使航迹与航线重合，必须将航空器的航向向迎风方向修正一个角度，修正的角度应等于修正后飞行航向上的偏流。计算公式：应飞航向=航线角-偏流。 (刘 刚)

cicha
磁差 (magnetic deviation) 磁经线偏离真经线的角度(见航向示意图)。也称磁偏角。由于地磁极和地理极不在一处，且磁场分布不均匀，磁经线常偏离真经线，当磁经线北端偏在真经线北端的东边时，磁差为正值；偏在西边时，磁差为负值。磁差及其随地球磁场变化的磁差年变率一般可在航空地图中查得。磁差用于真航向与磁航向、真航线角与磁航线角、真航迹角与磁航迹角的换算。 (刘 刚)

luocha
罗差 (compass deviation) 航空器处于水平静止或稳定平飞状态时，罗航向同磁航向之差(见航向示意图)。是由于航空器磁场的影响，罗盘经线与磁经线的方向不一致而产生。当磁航向大于罗航向时，罗差为正值；磁航向小于罗航向时，罗差为负值。罗差随罗盘安装位置和航空器航向不同而变化。罗差通常从罗差表中查得，罗差表是定期测定后绘制的。罗差用于罗航向与磁航向之间的换算。 (刘 刚)

hangxiang huansuan
航向换算 (course conversion) 真航向、磁航向和罗航向之间的换算。为使航空器沿航线飞行，需将真航向换算成磁航向或罗航向；为推算航空器位置和航迹，需将罗航向换算成磁航向和真航向。换算公式为：真航向=磁航向+磁差；磁航向=罗航向+罗差；罗航向=磁航向-罗差(见航向示意图)。 (刘 刚)

feixing hangxian
飞行航线 (air route) 航空器从地球表面一点飞至另一点的预定航行路线。亦称航线。飞行航线的方向和长度分别用磁航线角和航线距离表示。飞行航线通常由航线起点、进入目标起点、返航起点、航线终点和必要数量的转弯点、检查点组成。

航线起点 是航空器进入航线飞行

的起始点。选择航线起点的主要目的是为准确地进入航线飞行，便于集合和不暴露机场位置，避免机场上空的秩序紊乱。航线起点要与起飞机场间有足够的距离，以保证航空器到达航线起点前编好队形。常以机场附近的显著地标或助航设施点为航线起点。也有以起飞机场中心作为航线起点。

进入目标起点　是航空器进入轰炸(侦察)航路的起始点。选择进入目标起点的主要目的是利于隐蔽轰炸(侦察)行动，便于对目标的搜索、发现、识别和突击(侦察)，避开敌方拦截和攻击。通常以目标附近的显著地标或己方设置的导航点作为进入目标起点。

返航起点　是航空器退出轰炸(侦察)目标后进入返回降落机场航线的起始点。选择返航起点的主要目的是保证航空器能准确沿返航航线飞行。返航起点的位置要利于航空器快速、准确地进入返航航线。通常以目标附近的显著地标或己方设置的导航点作为返航起点。

航线终点　是航空器退出航线飞行的终止点。选择航线终点的主要目的是便于空中编队解散着陆，保持机场上空的飞行秩序，战时可以不暴露机场位置。航线终点要与降落机场有足够的距离，以保证航空器返回机场前解散完毕。通常选择降落机场附近的显著地标或助航设施点作航线终点。训练飞行也常选择降落机场中心作为航线终点。

航线转弯点　是航线上改变各航段方向的地点。选择和确定转弯点的主要目的是隐蔽行动企图，避开空中禁区和高大障碍物，避免长距离直线飞行产生较大偏航等。通常选择飞行区域内的显著地标或助航设施点作为航线转弯点。

航线检查点　是为判断飞机位置而选定的较显著的地标或标志。简单气象飞行时，应在航线的能见度范围以内选定，最好在航线上。复杂气象飞行时，通常选择航线附近或航线上能使航行雷达观测到的显著地标作为检查点。沿航线每隔一定距离选择一个检查点。

飞行航线根据任务不同，可分为机动转场航线、轰炸突击航线、空投(伞降)航线、空中侦察航线、航空摄影航线、空中加油航线等。根据计算航线角和航线距离的方法不同，可分为等角航线和大圆圈航线。通常情况下飞行前必须进行选择航线的工作。选择航线的基本原则和要求是：尽可能在最短的时间内飞抵目的地，能够充分发挥航空器的飞行性能，避免航空器在空中危险接近或相遇，利于搜索发现和进入目标，尽可能避开国境线、空中禁区和地标稀少或不易辨认以及难以备降的地区。

（周绍胜　王远堂）

hangxian qidian

航线起点　(departure point)　见飞行航线。

hangxian jianchadian

航线检查点　(checking point)　见飞行航线。

hangxian zhuanwandian

航线转弯点　(turning point)　见飞行航线。

hangxian zhongdian

航线终点　(terminated point)　见飞行航线。

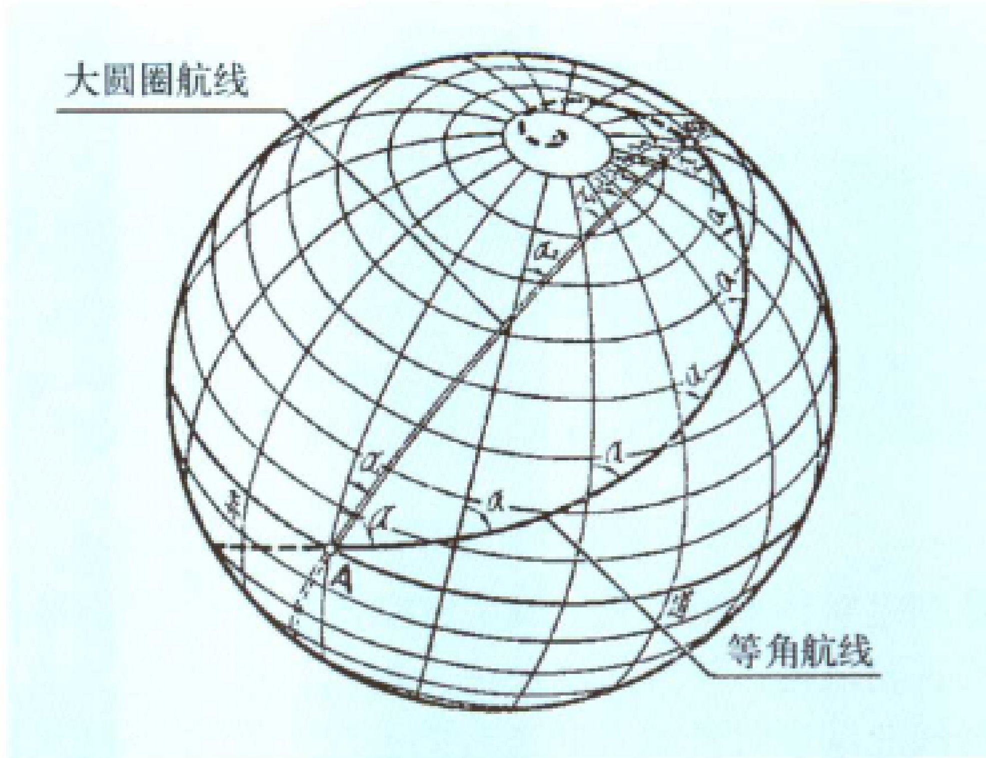
qiluo hangxian

起落航线　(traffic pattern)　在机场上空周围，按规定的高度、速度和预定的转弯时机建立的航行路线。见起落航线飞行。

dayuanquan hangxian

大圆圈航线　(great-circle route)　将通过起点和终点的大圆圈线作为航行时的航线。是地球表面起点和终点间最短的航行路线(见图)。在地球表面任意两点之间，都可以作大圆圈航线和等角航线。如果两点都在赤道上或同一经线上，大圆圈航线就与等角航线重合。在其他情况下则是两条不同的曲线。通常将飞机离开起点时的航线角称为该大圆圈航线的航线角。大圆圈航线的航线角、航线距离和航线所经过的各点的地理坐标，可在画好航线的地图上直接量出，也可以根据起点和终点的地理坐标，用公式计算。大圆圈航线虽然比等角航线距离短，但飞行过程中，需不断改变航线角，通常在航线距离长且与等角航线距离差较大时采用大圆圈航线飞行。

（王远堂　周绍胜）



大圆圈航线与等角航线示意图

dengjiao hangxian

等角航线　(loxodrome)　将通过起点和终点的等角线作为航行时的航线。是一条与所经过的经线交角都相等的曲线(见大圆圈航线与等角航线示意图)。经线是0°或180°的等角航线，赤道和纬线是90°或270°的等角航线是一条直线。除此之外，其他的等角航线都是盘向两极的螺旋形曲线。航空器按等角航线飞行时，航线角始终不变。航线角、航线距离和途中所经各点的地理坐标，可以从画好航线的地图上直接量出，也可以根据起点和终点的地理坐标，用公式计算。等角航线虽然比大圆圈航线距离长，但无需经常改变航向即可直飞目的地。通常航线较短时，采用这种航线飞行。在地球上任意两点之间都可以作大圆圈航线和等角航线。如果两点都在赤道或同一经线上，大圆圈航线就与等角航线重合。在其他情况下，则是两条不同的曲线。

（王增友　周绍胜）

feixing hangji

飞行航迹　(flying track)　空中航空器相对于地面运动的轨迹。亦称航迹线。

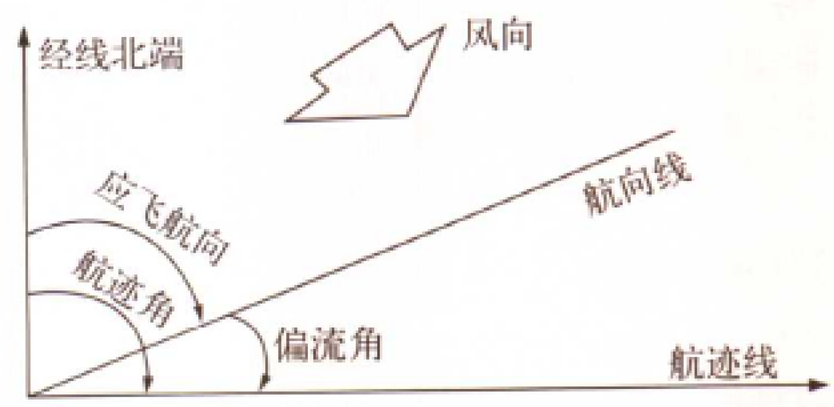


图1　航迹角与应飞航向、偏流角关系

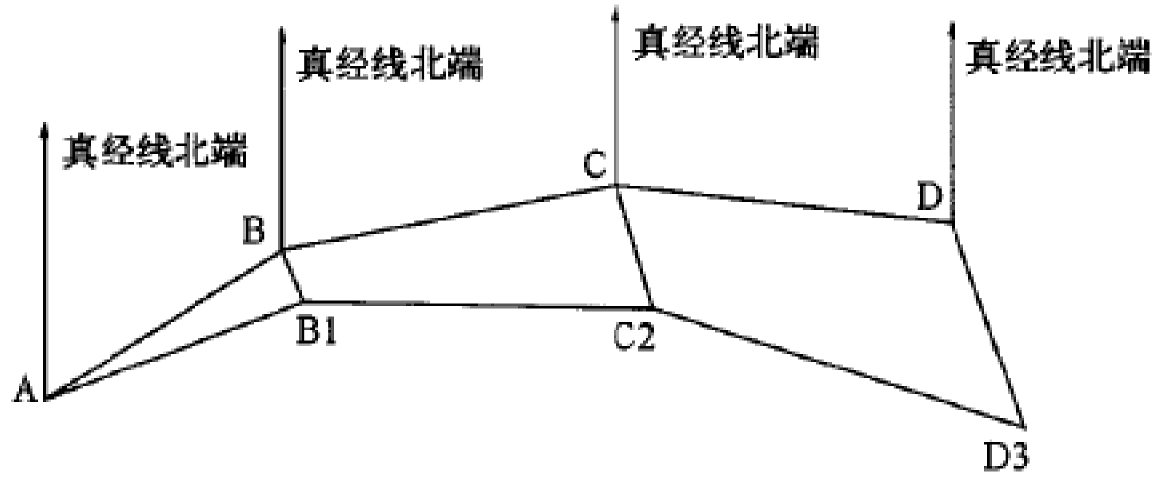


图 2 由无风位置求有风时的飞行航迹

是判定航行准确程度，确定航空器位置的重要依据。其方向用航迹角表示，从经线北端顺时针量到航迹线的去向，范围是0°～360°。由于空中风的作用，航空器飞行时相对于地面的运动轨迹与航空器纵轴向前的延长线(航向线)并不一致(正逆风和正顺风除外)，两者之间有一个角度，称为偏流角。测得了偏流角，即可算出航迹角，据此算出应飞航向＝航迹角－偏流角(图 1)。飞行中，飞行人员需随时掌握飞行航迹，尽可能使航迹线与航线重合。确定飞行航迹的方法很多，常用的有：①利用飞行航迹是航空器位置移动的轨迹和某一时刻的位置必定在航迹线上的原理，用两个时刻的精确位置的连线确定；②利用计算出的平均真航迹角在航图上画出飞行航迹，平均真航迹角根据飞行中记录的平均真航向、测量(或计算)的偏流角相加求出；③根据有风时的航空器位置总是在无风位置的下风方向，与无风位置的距离等于飞行时间内的飘移距离，在无风位置处画出风向线，再在风向线上截取飞行时间内的飘移距离，求得有风时的推算位置，各段有风位置点的连线即飞行航迹(图 2)。

(孟献忠)

hangjixian

航迹线 (track line) 空中航空器相对于地面运动的轨迹。参见飞行航迹。

hangjijiao

航迹角 (track angle) 从经线北端顺时针量至航空器航迹线去向的角度。范围是0°～360°。参见飞行航迹。

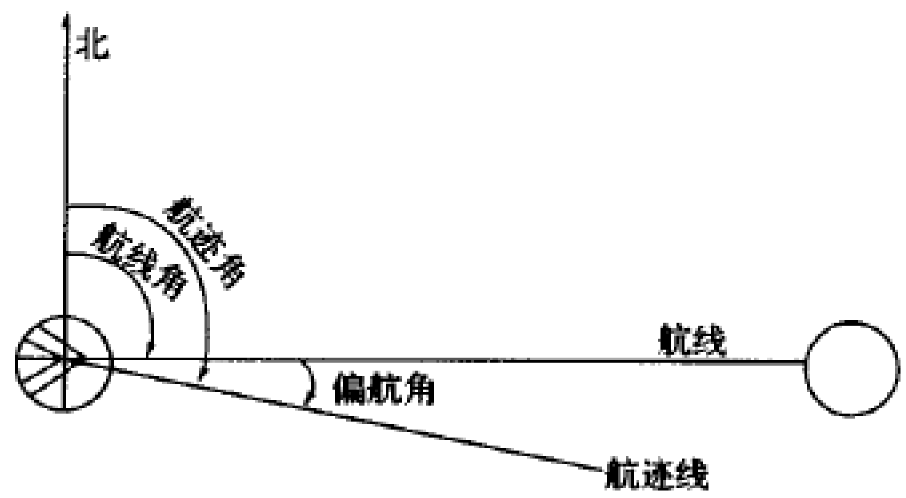
hangxianjiao

航线角 (course angle) 表示航空器航线方向的角度。是航线的基本数据之一。其大小通过在地图上测量或通过计算获得。在地图上量取时从经线北端顺时针量到航线的去向，范围是0°～360°。根据基准经线不同，分为真航线角和磁航线角。以真经线为基准的为真航线角，一般从地图上直接量取；以磁经线为基准的为磁航线角，一般根据真航线角和磁差计算：磁航线角＝真航线角－磁差。通过计算获取时是根据组成航线的两个航线点的坐标，利用公式计算出真、磁航线角。

(孟献忠)

pianhangjiao

偏航角 (yawing angle) 航空器航迹线与航线之间的夹角（见图）。以飞行方向为准，航迹或航迹延长线偏在航线的右侧时，偏航角为正；偏在左侧时，偏航角为负。沿航线飞行时，可用航迹角与航线角比较求出，即偏航角＝航迹角－航线角。也可用飞机保持的平均航向与计算的应飞航向比较求出，即偏航角＝平均航向－应飞航向。如果航迹角与航线角相等(或平均航向与应飞航向相等)，表示飞机没有偏航；航迹角大于航线角(或平均航向大于应飞航向)，表示飞机偏右，偏航角为正；航迹角小于航线角(或平均航向小于应飞航向)，表示飞机偏左，偏航角为负。

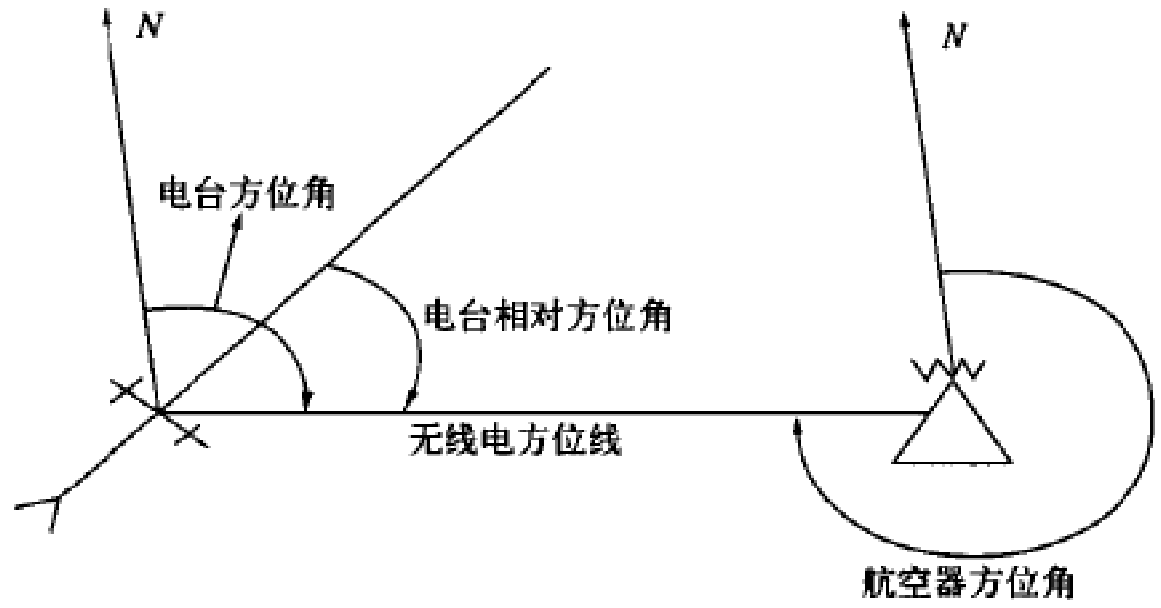


偏航角示意图

(刘宇信)

wuxiandian fangweijiao

无线电方位角 (radio azimuth) 表示航空器与电台之间方位关系的角度(见图)。简称方位角。是利用地面电台与航空器上的无线电罗盘实施无线电领航时各种角度的总称，包括电台方位角、电台相对方位角和航空器方位角。范围是0°～360°。



无线电方位角示意图

航空器与电台之间的连线称为无线电方位线。从航空器所在地的经线北端顺时针量到无线电方位线的角度叫电台方位角；从航空器纵轴前端顺时针量到无线电方位线的角度叫电台相对方位角；从电台所在地的经线北端顺时针量到无线电方位线的角度叫航空器方位角。无线电方位角可以使用航空器上的无线电罗盘测得。利用无线电方位角可以判断航空器飞过的距离、控制转弯时机；利用测得的两个以上电台的无线电方位角，可以判定航空器位置；航空器在做向电台或背电台飞行时，利用无线电方位角和磁罗盘指示的航向，可以判断航空器偏离预定航线的方向。

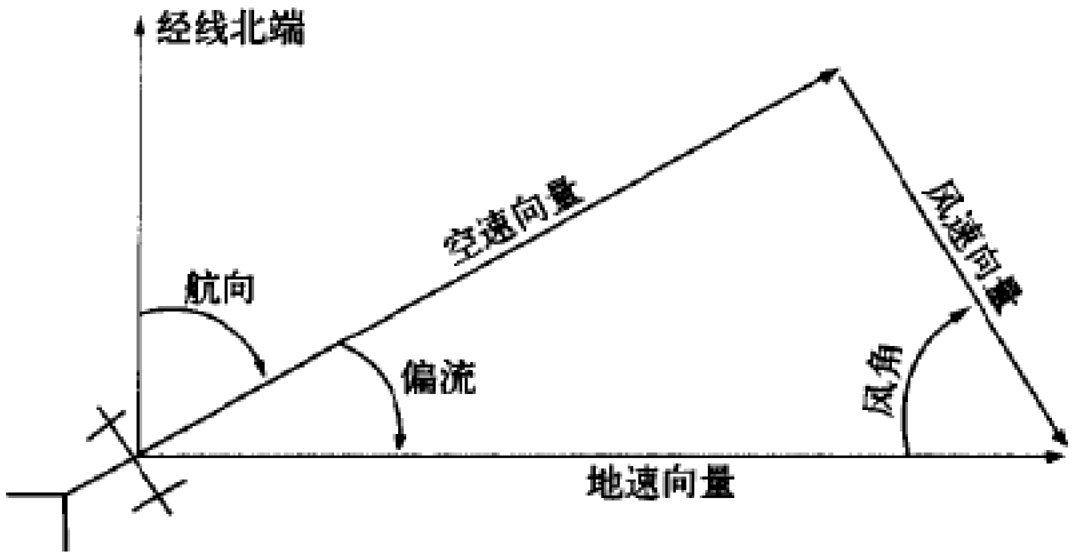
(刘 平)

fangweijiao

方位角 (azimuth) 无线电方位角的简称。参见无线电方位角。

fengjiao

风角 (wind angle) 风向线与航空器航迹线之间的夹角。表示空中风对航迹的影响程度。在航行速度三角形中表现为风速向量与地速向量之间的夹角(见图)。度量风角，以地速向量为基准，顺



风角示意图

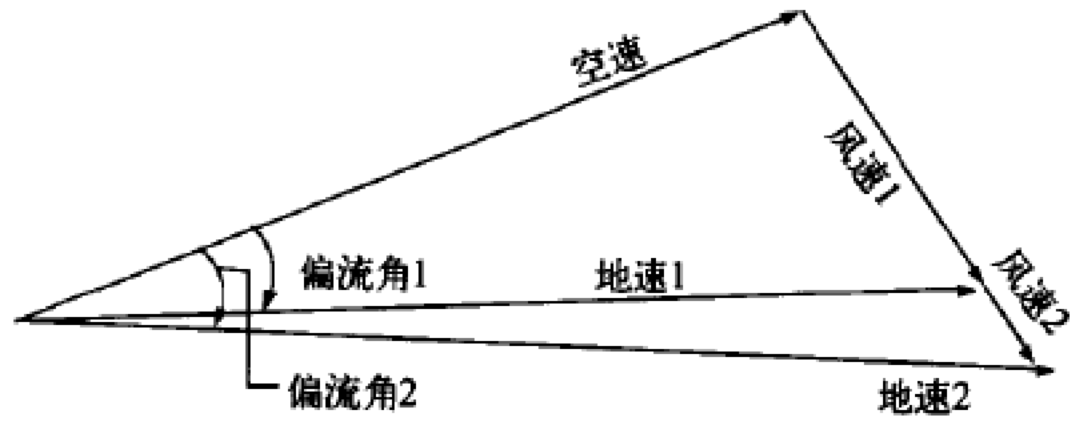


图 4　偏流角随风速变化示意图

时针量到风速向量的角度，范围是0°～360°。常用于计算偏流、地速。

（刘　平）

pianliujiao

偏流角　(drift angle)　航空器地速向量偏离空速向量的角度。简称偏流。是在空中风的作用下产生的。若航迹线偏在航向线右边，偏流角为正值；偏在左边为负值。范围是正负0°～180°。偏流角与航迹角和航向角的关系是：偏流角＝航迹角－航向角(图 1、图 2)。飞行中，偏流角的大小随空速、风速以及风角的变化而变化。空速增大，偏流角的绝对值减小；空速减小，偏流角的绝对值增大(图 3)。风速增大，偏流角的绝对值增大；风速减小，偏流角的绝对值减小(图 4)。风角是地速向量同风速向量的夹角，表示的是侧风程度。度量时，以地速向量为基准顺时针量到风速向量，范围是0°～360°。偏流角随风角变化的关系可用公式表示：sin偏流角=风速sin风角／空速。

偏流角是进行空中领航、轰炸、空降等行动的重要数据之一。测算的方法主要有两种：一是用设备直接测量，如用光学瞄准具、航行雷达、多普勒雷达等；二是通过计算，如用领航计风仪、领航计算器等计算获得。

（孟献忠）

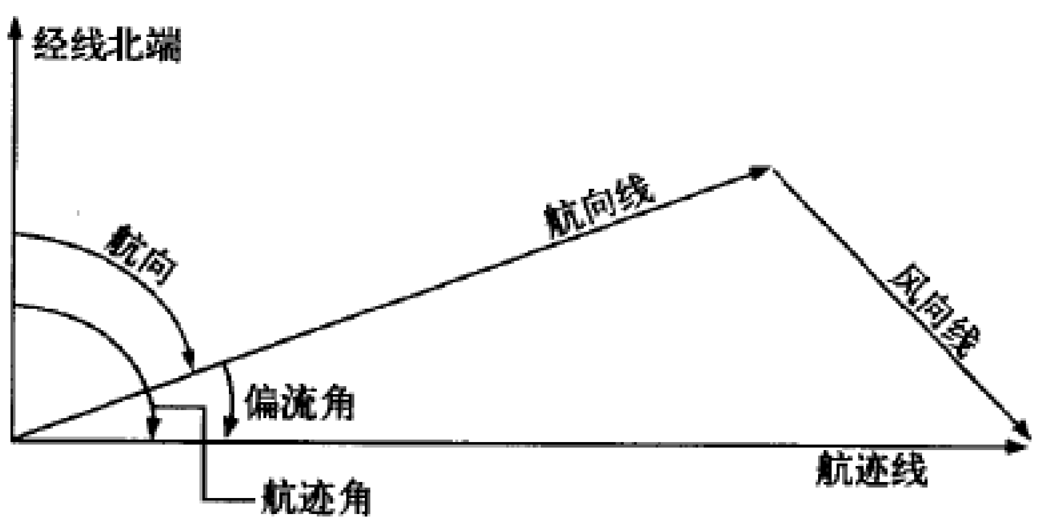


图 1　正偏流角示意图

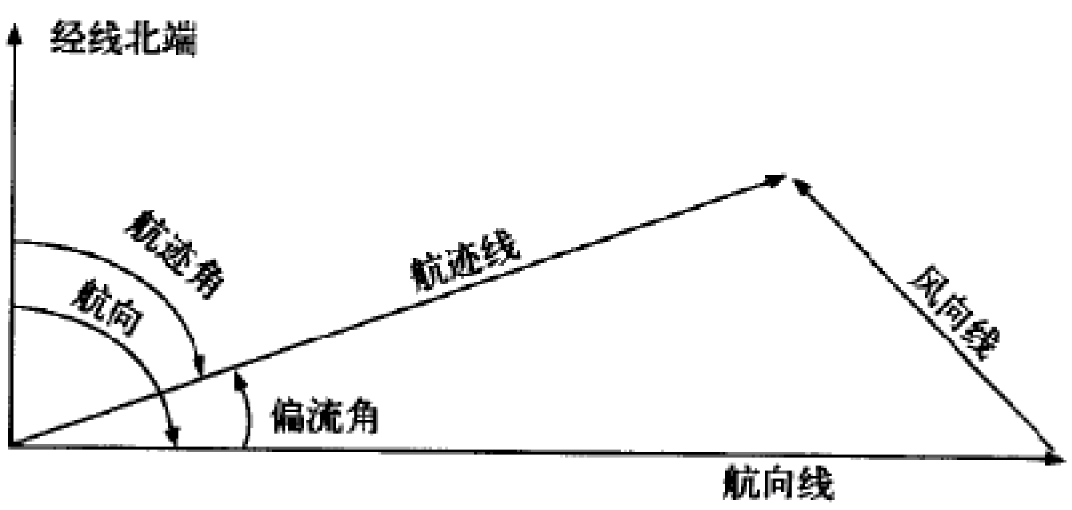


图 2　负偏流角示意图

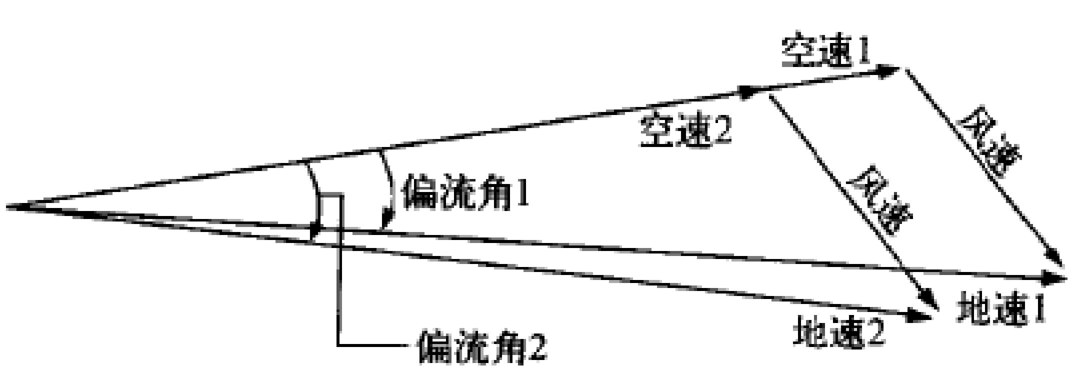


图 3　偏流角随空速变化示意图

pianliu

偏流　(drift angle)　偏流角的简称。参见偏流角。

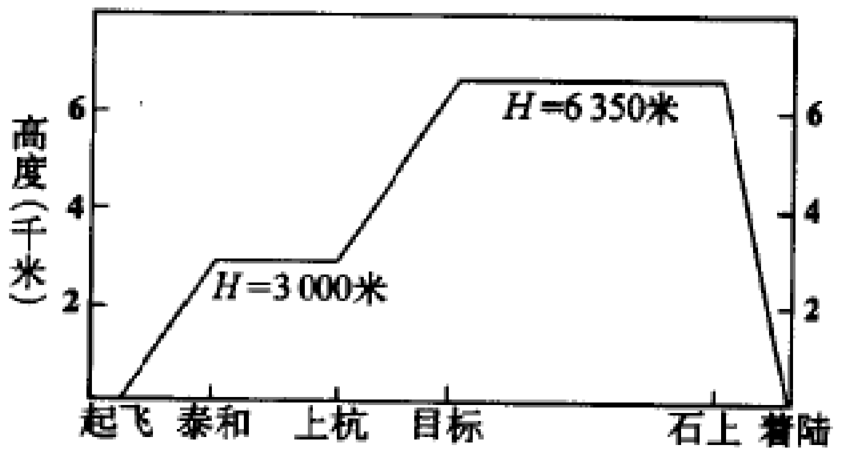
feiji weizhi

飞机位置　(aircraft position)　飞机某一时刻的空间位置在地面的投影。用于推算应飞航向和预达时刻等。确定飞机位置有5种方法：①航迹推算法。即根据已知的推测起点坐标和飞机飞行的地速、航迹角、飞行时间推算飞机位置。②位置线方法。使用无线电导航系统或天文设备所测定的参数获得的位置线确定飞机位置。③观察比较法。根据目视或机上设备观测辨认出的地标确定飞机位置。④极值曲线法。通过测量地球物理场(地貌、磁场、重力场等)的各种参数确定飞机位置。⑤等距离球面交会法。通常用于卫星导航，由机载导航设备通过测量 2 颗或 3 颗导航卫星的等距离球面的交会点自动解算确定飞机位置。

（黎玉记）

hangxing poumian

航行剖面　(flight profile)　航空器航行的轨迹在垂直面上的投影(见图)。能形象地表示航空器在航线上飞行高度的变化。采用合理的航行剖面飞行，可保证航空器距地面障碍物有安全余



航行剖面示意图

度，以及航空器之间有安全的高度差，有利于发挥航空器的飞行性能和适应战术需要。如高空飞行与中低空飞行相比，可增大航空器的航程、扩大观测范围。低空飞行便于识别地标、目标。作战时，还常采用改变航行剖面飞行的方法进行突防。采用航行剖面图进行航空器的调配简便易行，是飞行调配的主要方法之一。

（陈建中）

pianhang

偏航 (yawing)　航空器在空中的实际位置偏离预定航线的现象。偏航程度用航线与航迹线之间形成的夹角（偏航角）和偏航距离表示。通常情况下，发现偏航需依据偏航角和偏航距离计算应飞航向并进行修正。（刘　鉴）

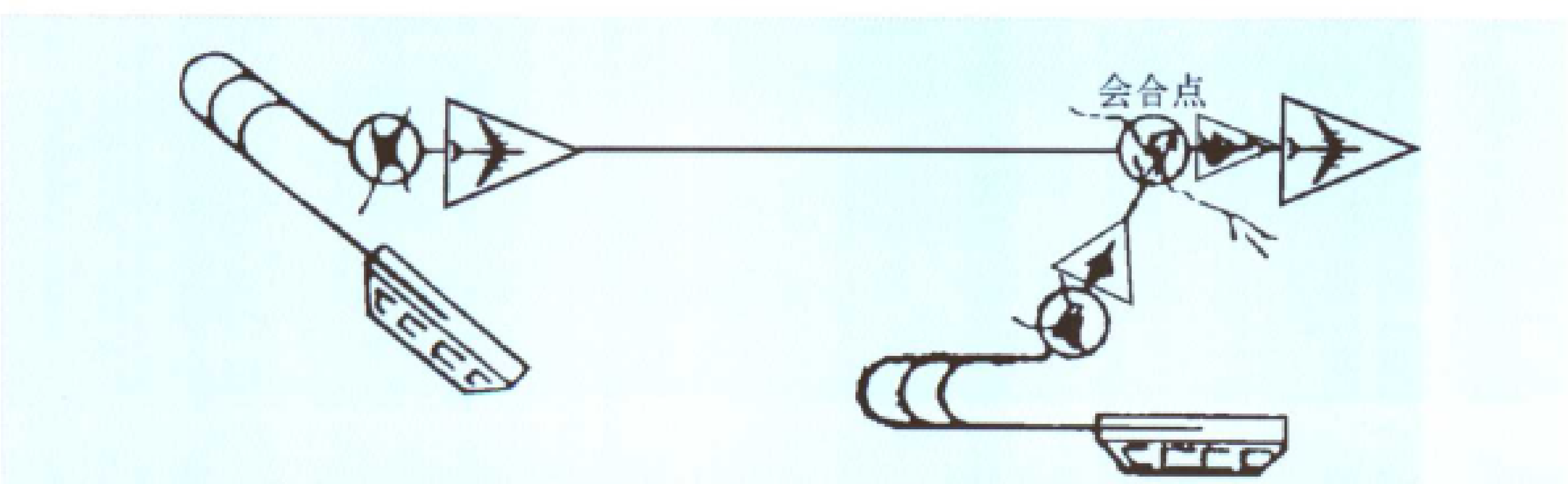
gaihang

改航 (alter heading)　航空器在空中改变原定飞行航向的动作。在航空器偏离预定航线或需要临时改变航线时，采用改航，按新的应飞航向飞行。

（徐兴平）

kongzhong huihe

空中会合 (air assemble)　各型航空器为执行共同任务，从同一或不同机场起飞后按预定的方法准时到达指定空域（地点、地段上空），共同组成一个编队或机群的行动（见图）。空中会合需在安全可靠、隐蔽的基础上，尽可能缩短所需时间，明确会合的时刻、地点（地段）、方法及各机（编队）的高度和速度、各机（编队）之间和空地之间的协同动作。空中会合的方法通常有：在规定地点上空会合、指挥引导会合、沿线状地标会合、使用机载雷达和导航设备会合4种。前两种方法比较简便实用，可靠性高，适用于各种编队。沿线状地标会合动作较为复杂，使用机载雷达、导航设备会合常作为一种辅助方法，随着机载领航设备的发展，将成为一种主要的会合方法。（牛俊卿）



空中会合示意图

zhunshi daoda

准时到达 (on time arrival)　航空器按规定的时刻到达预定地点（目标）上空。亦称按时到达。是航空兵部队之间以及与地面部队、舰艇编队之间达成协同动作的重要条件。为使航空器按规定时刻达到预定地点（目标）上空，飞行人员应按预定计划准时起飞，准确航行，并在预飞航线上选择若干个检查点，及时准确地测定时间误差。误差不大时，通常采用调整速度的方法来补偿或消磨时间；误差较大时，采用改变飞行航线和机动飞行的方法来补偿或消磨时间。（牛俊卿）

mihang

迷航 (disorientation)　飞行人员在空中处于不能判断自身航空器所在位置，无法确定应飞航向的一种状态。造成迷航的原因是领航准备不周、工作程序混乱、领航工作发生差错，机载领航设备、仪表和地面导航设备故障，未能正确处置特殊情况以及组织指挥不严密等。迷航不仅影响任务的完成，甚至可能导致飞行事故。防止迷航是飞行组织指挥和飞行人员经常进行研究和准备的重要领航内容。随着惯性导航、卫星导航及其他各种机载、地面导航设备功能的不断完善和自动化水平的提高，发生迷航的概率会越来越小。

（冯曰方）

gongcheng linghang jisuan

工程领航计算 (engineering navigation calculation)　为充分发挥飞机技术性能，保障飞行安全和节省燃油而进行的与耗油量相关的数据计算。目的是为空军各级指挥机关制定与实施作战、训练等计划提供最基本的数据依据。工程领航计算的主要内容包括：确定航空器航行剖面，选择有利飞行状态和发动机工作状态；计算各飞行阶段的时间和总飞行时间；计算各飞行阶段距离和总飞行距离；计算各飞行阶段的耗油量、总耗油量、备份油量和应载油量；计算各飞行阶段的可能剩余油量等。耗油量、应载油量和剩余油量通常采用解析方法计算。确定航行剖面，选择有利飞行状态和发动机工作状态，需要考虑航空器部署、战术、时效等多方面的因素，实质是优化问题，可以使用优化方法和专家决策方式，或借助于适当的专家系统完成。

（秦前付　杨乃谦）

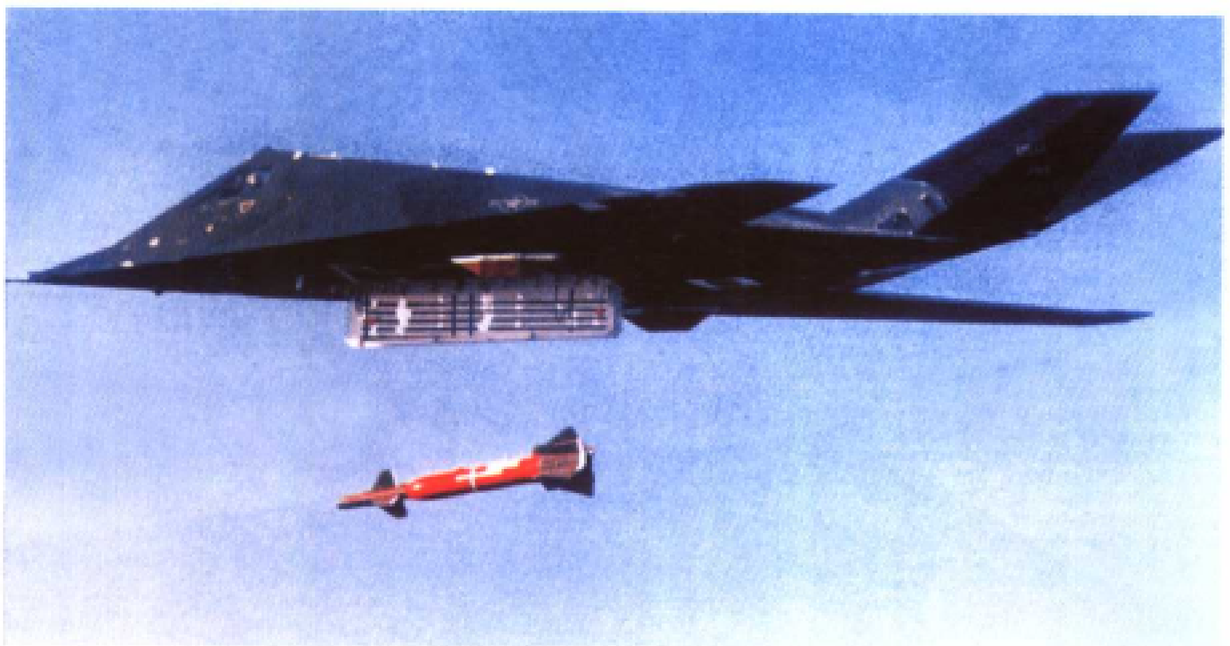
轰　炸

hongzha

轰炸 (bombing)　从航空器上对地（水）面目标投掷炸弹、水（鱼）雷和发射空地（舰）导弹的战斗行动。航空兵空中突击、消灭敌方有生力量，摧毁其技术兵器和其他目标的主要手段。

简史　轰炸始于1911～1912年的意土战争。第一次世界大战期间，有了适于携带炸弹的轰炸机，交战双方开始了广泛的轰炸活动。第二次世界大战期间，轰炸机的性能得到进一步完善和提高，航程和载弹量有了很大提高，轰炸活动更加频繁，轰炸规模也不断扩大，常常是数十架甚至是数百架飞机组成的大机群实施集中轰炸。轰炸机对战场目标和国家政治、经济中心的轰炸，都对战争的进程和结局产生了重要影响。随着高技术在轰炸中的运用，轰炸已从以往的临空轰炸发展到远距离轰炸，从非精确轰炸发展到使用空地导弹和制导炸弹精确轰炸。远距离精确轰炸在越南战争美军空中作战、1982年的马岛战争空中作战、1991年的“沙漠风暴”行动和1999年的北约空袭南联盟中都显示出巨大的威力。

分类　按目的和规模分为战略轰炸、战役轰炸和战术轰炸；按飞机投掷

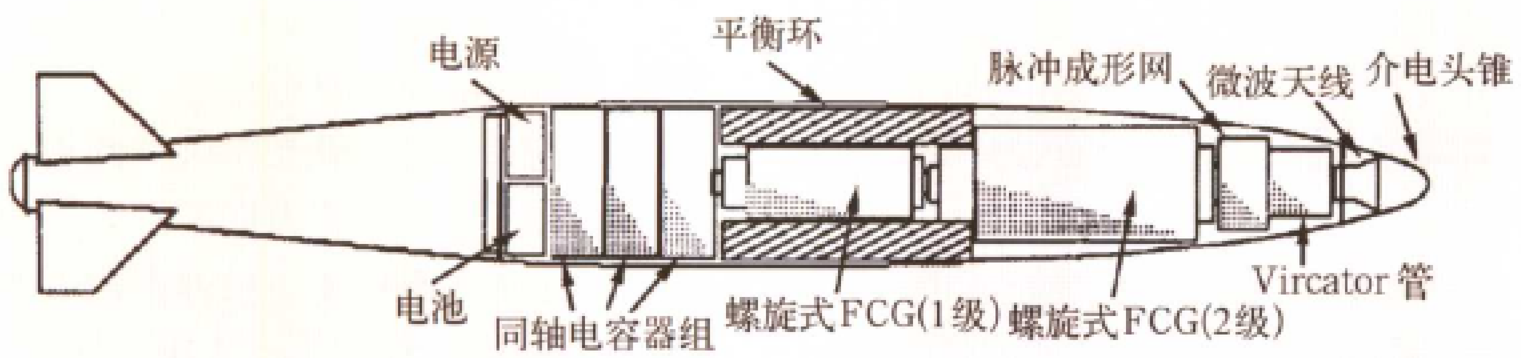


飞机投放激光制导炸弹



飞机投掷集束炸弹

和发射时的状态，分为水平轰炸、俯冲轰炸、下滑轰炸和上仰轰炸；按飞行高度，分为低空、超低空和中、高空轰炸；按时间和气象条件，分为昼间、夜间轰炸和云中、云上轰炸；按瞄准方法，分为直接瞄准轰炸和间接瞄准轰炸；按使用设备，分为光学轰炸、雷达轰炸和自动瞄准轰炸。



美国MK84型电磁脉冲弹示意图

战术运用　①选择轰炸武器，应根据目标的性质、结构、坚固程度，作战目的等选择有针对性的武器。②选择有利的轰炸进入方向，应根据目标形状，目标区的自然条件和目标的对空防御情况。通常应充分利用阳光、云层和地形条件，从目标被炸面积较大，便于及早发现目标，便于隐蔽突然，不易被发现，对空防御薄弱的方向进入。③选择轰炸方法，应根据目标的特点、轰炸任务的要求预先优化方案，并明确编队轰炸的队形、连投间隔，投弹的高度、速度等。俯冲轰炸，适于轰炸小型、坚固的目标；低空水平轰炸，适于轰炸垂直面积较大的立体目标；中、高空水平轰炸，适于轰炸大型面积目标；下滑轰炸，利于编队轰炸；上仰轰炸，只有强击机和歼击轰炸机能够使用，适于投掷小型原子弹。现代空中作战中，使用空地导弹和激光制导炸弹轰炸，已成为轰炸的重要手段。

轰炸方式　通常采用的有集中轰炸、同时轰炸和连续轰炸。集中轰炸是以主要兵力在短时间内用最大火力密度，对一个目标或有限地域内的数个目标实施猛烈轰炸；同时轰炸是以主要兵力在同一时间内，轰炸同一目标系统内的若干个目标；连续轰炸是以一定的兵力，以不同的时间间隔分批出动，对一个或数个目标连续实施轰炸，用以长时间压制目标。

展望　随着高技术轰炸设备和轰炸武器的发展，“隐身”突防、超视距轰炸、精确轰炸，将成为今后轰炸的主要方式。制导武器、集束炸弹的应用，使精确轰炸瞄准不再是毁伤目标的先决条件，对战争的进程和结局也会产生更重要的影响。

（陶永斌　王永耀）

hongzhaxue

轰炸学　(bombardment)　研究从航空器上对地(水)面目标投掷炸弹、水(鱼)雷和发射空地(舰)导弹等轰炸活动及其规律的学科。航空兵准备与实施轰炸活动的理论基础。

研究内容　主要包括轰炸基础知识、基本原理，轰炸设备基本原理及使用，兵力计算，轰炸准备与实施的程序和方法等。①航空炸弹、航空水(鱼)雷、空地(舰)导弹的性能、特点、基本工作原理和使用方法。②航空炸弹从飞机投下后弹道的形成，弹道诸元的计算方法。包括投弹高度、速度、俯仰角、炸弹性能改变对弹道诸元的影响，以及有风情况下炸弹在空中运动的规律等。③轰炸瞄准原理和轰炸方法。包括轰炸瞄准诸元的计算原理，方向瞄准和距离瞄准的原理和方法，及水平轰炸、俯冲轰炸和上仰轰炸方法等。④轰炸瞄准设备和轰炸误差。包括光学、雷达、平视显示器和其他轰炸瞄准设备的基本工作原理、使用方法；产生轰炸误差的主要原因、误差规律及减小轰炸误差的方法等。⑤轰炸准备与实施的程序、内容和方法。包括不同目标情况的轰炸方法和协同动作；检查轰炸设备和轰炸武器的准备；测定轰炸原始数据和计算瞄准诸元；进入轰炸航路；搜索与识别轰炸目标；瞄准与投射轰炸武器等。⑥不同条件下的轰炸。包括高空、低空、超低空、夜间、复杂气象、山地、高原地区轰炸和对活动目标轰炸的原理、方法及设备使用等。⑦轰炸兵力计算方法。主要运用概率论的原理，研究有关所需出动兵力和预期突击效果的计算方法。⑧轰炸技能。包括轰炸装备发展和人员素质。轰炸装备发展从初期的目视人工投射发展到使用光学、雷达瞄准具进行精确瞄准、自动投射，进而发展到利用激光、红外、电视等光电技术制导轰炸。人员素质主要是指提高飞行人员对轰炸装备技术的掌握程度、操作能力和人员心理素质(即承受能力)；飞行人员空中搜索、识别目标的能力；使用设备测定目标原始数据、计算瞄准诸元的能力；对各种轰炸误差的分析、判断与修正能力以及轰炸瞄准技巧等。

形成与发展　轰炸理论源于轰炸活动，并在轰炸活动和轰炸武器不断发展基础上逐步完善。1911～1912年的意土战争

中首次出现轰炸活动后，轰炸理论开始逐步形成。1916年，俄国的H.E.茹科夫斯基出版了《飞机轰炸》，从理论上对轰炸方法进行了论述。第一次世界大战期间，轰炸机、机械轰炸瞄准具、航空炸弹的出现和使用，促进了轰炸理论的发展，航空炸弹弹道学和瞄准原理已见雏形。第二次世界大战中，轰炸武器有新的发展，相继出现了光学、雷达轰炸瞄准具和无线电测距系统等，轰炸活动更加频繁，轰炸方法有所创新，其规模和毁伤力不断增大，轰炸理论也得到丰富和发展，轰炸学基本形成。战后，各国轰炸航空兵逐步以喷气式轰炸机代替活塞式轰炸机，装备先进的机载武器装挂设备和投射装置以及火控系统，迅速发展核航弹和精确制导武器，轰炸的方式、方法不断改进和创新，轰炸理论进一步发展和完善。

1917年7月11日，北京南苑航空学校校长秦中镛，教官姚锡九、鲍丙辰驾驶法制"高德隆"式飞机，对北京丰台辫子兵阵地、城内南河沿张勋住地和紫禁城乾清殿投掷手榴弹。中国人民解放军从20世纪40年代开始研究轰炸理论。1946年，创办第一所航空学校，自编第一部《轰炸学》一书教材。1949年11月，中国人民解放军空军建立后，轰炸航空兵逐步发展，相继参加轰炸大和岛、解放沿海岛屿等作战活动，不断丰富和发展轰炸突击方面的理论。1955年，空军司令部印发了《轰炸学》一书。1965年以后，先后3次出版具有中国空军特点的《轰炸学教程》，以及歼击机、强击机和轰炸机飞行人员使用的轰炸理论教材。

展望 随着计算机、激光、红外、电视、雷达、卫星、自动控制等科学技术的发展，轰炸武器的种类和轰炸方式、方法增多。超视距轰炸方法已被用于实战，投射武器的主要对象已不再局限于普通航空炸弹，助推炸弹、制导炸弹、滑翔炸弹、集束炸弹、空地导弹等已广泛应用，并将运用控制理论、计算机等现代技术，解决轰炸瞄准和目标摧毁效率等问题，进一步丰富和发展轰炸学理论。

（房启胜）

guangxue hongzha

光学轰炸 (optical bombing) 飞行人员利用航空器上的光学轰炸瞄准具进行瞄准，投射轰炸武器的行动。主要用于对目视目标的轰炸。轰炸准确性较高，不受电子干扰，但受气象条件限制。最初，用目视的方法实施概略轰炸。第一、二次世界大战期间，先后出现了机械式轰炸瞄准具和各种光学轰炸瞄准具，并在相当长时期内成为一种最基本的轰炸方法。

分类 按投弹高度，分为超低空、低空、中空和高空光学轰炸。按投弹时间，分为昼间、夜间、黄昏和拂晓光学轰炸。昼间可对目视可见的任何目标进行轰炸；夜间自然光线暗淡，只能对灯光目标或照明、标志目标进行轰炸；拂晓和黄昏则利用日出前的曙光和日落后的余晖对目标进行轰炸，因光线较弱，发现距离较近，瞄准轰炸较困难。

瞄准具 实施光学轰炸使用的光学轰炸瞄准具，通常由光学观测系统、观测线稳定系统和定距、定向瞄准系统等组成。光学观测系统用于搜索、发现和识别目标，判定航空器与目标的相关位置；观测线稳定系统用于稳定观测线，防止因航空器颠簸或姿态变化引起观测误差；定距、定向瞄准系统用来实施距离、方向瞄准，确定投弹时机和修正炸弹方向偏差。用于水平轰炸的有向量式、协调式、向量协调式等光学轰炸瞄准具。向量式瞄准时间短，可作高度、速度机动，但准确性较低；协调式可在事先不知风向量的情况下实施轰炸，准确性较高，但瞄准时间较长；向量协调式集中了前两种瞄准具的优长。既可用于水平也可用于俯冲、上仰轰炸的有射击轰炸瞄准具，能根据不断输入的投弹条件计算投弹点，自动投弹。

原理和方法 光学轰炸是利用瞄准具的观测系统观察目标，根据瞄准具上目标相对十字标线的移动情况，操纵瞄准具的瞄准系统进行距离和方向瞄准。距离瞄准是确定航空器地速、瞄准角（超越角）并判定投弹时机，以使炸弹不产生距离误差。方向瞄准是确定飞机偏流角并修正炸弹侧向射程，保证航空器沿正确轰炸航向飞行，以使炸弹爆炸线通过目标中心，不产生方向误差。通过距离、方向瞄准将航空器引领到正确的投弹点投下炸弹。

（杜庆云）

leida hongzha

雷达轰炸 (radar bombing) 飞行人员利用航空器上的雷达轰炸瞄准具瞄准目标，投射轰炸武器的行动。主要用于夜间和复杂气象条件下对地（水）面上雷达能发现目标的轰炸。不受天候和气象条件限制，但易受电子干扰和雷达目标清晰程度的影响。按轰炸高度，分为低空、中空和高空雷达轰炸。按轰炸时间，分为昼间和夜间雷达轰炸。

概况 雷达轰炸始于第二次世界大战，英、德等国制成并使用过雷达轰炸瞄准具。最初是一个雷达观测系统，所需瞄准诸元须事先人工计算，轰炸时只能从预定方向进入，准确性较低。随着航空技术的发展，出现了能与光学轰炸瞄准具交联的雷达轰炸瞄准具，用光学轰炸瞄准具计算瞄准诸元，可从任意方向进入目标轰炸，准确性有较大提高。20世纪60年代后，随着电子技术和雷达技术的发展，有的轰炸雷达采用脉冲压缩、频率捷变及多普勒波束锐化、聚束式测绘等技术，提高了抗干扰能力和目标分辨率。雷达轰炸成为重要的轰炸方法，并一直延续使用。

原理和方法 雷达轰炸瞄准具一般由轰炸雷达和交联机构组成。交联机构是轰炸雷达和光学轰炸瞄准具连接的枢纽。其工作原理是轰炸雷达用来显示目标图像，判定航空器与目标的相关位置，交联机构使轰炸雷达与光学轰炸瞄准具配合，通过光学轰炸瞄准具的瞄准系统实施瞄准。

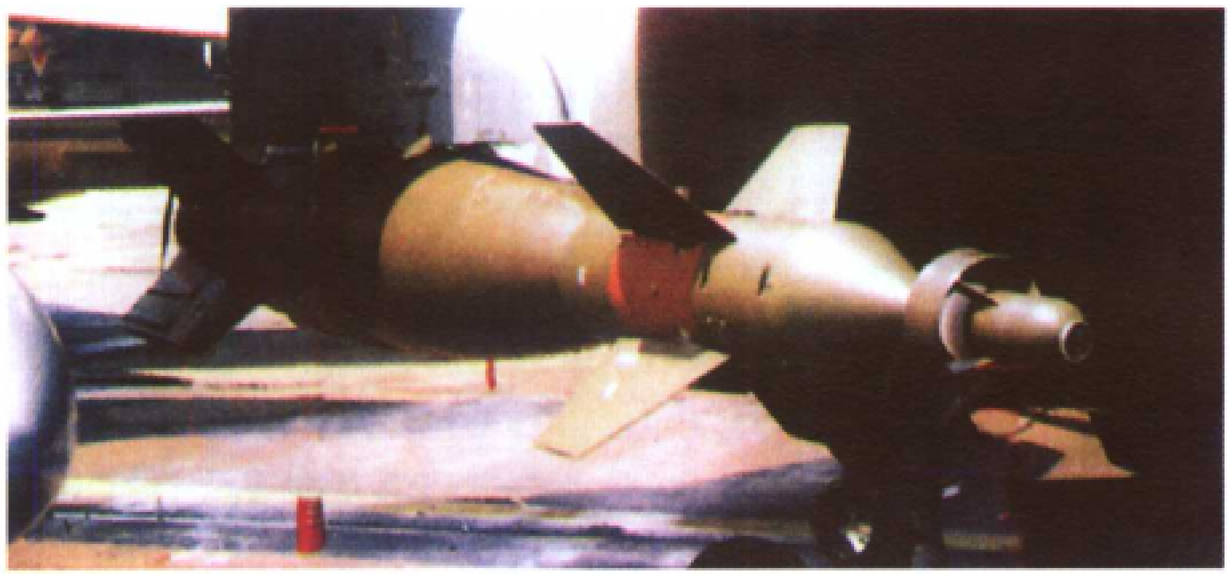
雷达轰炸是利用轰炸雷达观察目标，根据雷达荧光屏上目标影像相对十字标线的移动情况，操纵光学轰炸瞄准具的瞄准系统进行距离和方向瞄准。距离瞄准是确定航空器地速、投弹斜距并判定投弹时机，以使炸弹不产生距离误差；方向瞄准是确定航空器偏流角并修正炸弹侧向射程，保证航空器沿正确轰炸航向飞行，以使炸弹爆炸线通过目标中心，不产生方向误差。通过距离、方向瞄准将航空器引领到正确的投弹点投下炸弹。使用雷达轰炸瞄准具也可单独实施轰炸。使用雷达不仅可投掷航空炸弹，还可发射空地、空舰导弹和机载巡航导弹等。

（杜庆云）

jingque zhidao hongzha

精确制导轰炸 (accurate guidance bombing) 飞行人员从航空器上投射精确制导武器进行轰炸的行动。现代战

争实现空中精确打击的主要作战手段。具有轰炸命中精度高、自主式、全天候作战能力和远距离投射能力。其精度主要取决于所使用的精确制导武器弹药，包括各类航空制导炸弹、导弹、地雷、鱼(水)雷及末敏弹药等。轰炸武器的制导方式多种多样，主要有激光、电视、红外成像制导和毫米波、合成孔径雷达制导及INS／GPS制导等。精确制导武器弹药能获取和利用所提供目标的位置、图像信息，修正自己的弹道，准确命中目标。除空地导弹外，精确制导炸弹也具有全天候和投掷后不管的能力，载机的航电系统在投放前刷新当前弹载的位置、姿态等信息，投弹后载机即可脱离，炸弹自主导向目标。其滑翔性能(从航空器上投下后可滑翔数千米至十千米)，使载机可在远离目标的上空投掷，提高了载机的生存能力。



美国"宝石路"航空激光制导炸弹

精确制导轰炸包括目标探测锁定、武器投射和武器弹药精确制导3个阶段，是信息化空中作战的组成部分，是航空器与轰炸武器通过信息系统对目标探测、识别、定位和控制制导等多种信息进行综合集成的结果。新型作战飞机普遍加装了数据链系统，实施轰炸的飞机还加装了先进的轰炸瞄准系统，具有高自动化、智能化的瞄准性能和目标数据实时接收、修正能力，既可在飞往目标区的途中通过卫星直接接收情报中心发出的实时图像、数据，又可随时对轰炸武器的制导数据进行修正和更新，能保证飞机在各种天候条件下按时、准确地飞抵目标区，及时可靠地发现锁定目标，适时精确地将轰炸制导武器投(射)向目标。2003年伊拉克战争期间，美英空军使用的近、中、远程精确制导武器进行轰炸的命中精度，分别达到0.1米、小于10米和10～15米。

(刘宝生　王靖华)

fuzhu miaozhundian hongzha

辅助瞄准点轰炸 (offset bombing) 飞行人员从航空器上借助轰炸目标附近的显著地标间接瞄准目标，投射轰炸武器的行动。通常在轰炸目标难以发现的情况下使用。轰炸时，飞行人员瞄准的是辅助瞄准点，却将航空器引领到对轰炸目标的投弹点，使投下的炸弹命中目标。辅助瞄准点轰炸有利于扩大使用轰炸瞄准具所能突击的目标范围及对隐蔽、伪装目标的突击。轰炸准确性较差。

判定投弹点仍使用光学或雷达轰炸瞄准具，通过对辅助瞄准点的方向和距离瞄准实现。为便于实施瞄准，通常沿辅助瞄准点与目标连线的方向进入轰炸。

方向瞄准采用航行法、向量法、倍角法和测量偏流法，并应在航空器飞过辅助瞄准点完成。当进入预定轰炸航路不准时需及时修正，并在作完方向瞄准后补充修正。距离瞄准采用航行法、向量法、协调法或基线协调法。掌握投弹时机的方法因辅助瞄准点到目标的距离而异，较小时通常采用测角法或测角测距法，较大时通常采用计时法。测角法或测角测距法，是根据投弹点与目标以及目标与辅助瞄准点间的相关位置，推算投弹点与辅助瞄准点间的相关位置，以掌握投弹时机；计时法通常用改变观测角或瞄准角法，有时也用瞄准具协调机构计时。

(杜庆云)

daohang hongzha

导航轰炸 (navigational bombing) 飞行人员利用机载导航设备及相关信息进行瞄准目标，投射轰炸武器的行动。适用于轰炸不能发现识别而又掌握了精确位置的目标。按照导航系统的不同，分为卫星导航轰炸系统、惯性导航轰炸系统、多普勒导航轰炸系统、天文导航轰炸系统、无线电导航轰炸系统和组合导航轰炸系统等。还可与航空器自动驾驶仪交联，组成自动导航轰炸系统，实施自动导航轰炸。导航轰炸方式不受昼夜、气象条件限制和目标性质、大小影响。轰炸精度主要取决于导航系统的定位精度和掌握的目标位置坐标精度。

导航的任务是将航空器引领到预定点，轰炸的任务是将航空器引领到投弹点，投下炸弹。两者的原理和性质基本一致。在导航、计算机技术落后的情况下，这两种任务分别单独完成。随着导航、计算机技术的发展，特别是计算机计算、控制功能的极大提高，促使导航与轰炸活动紧密结合，利用导航信息、设备进行瞄准投弹成为可能，于是出现了导航轰炸系统和导航轰炸方式。

导航轰炸系统一般由导航系统、计算系统和轰炸瞄准系统组成，能根据轰炸目标的位置坐标数据生成目标图像，并对导航参数与轰炸原始数据综合计算，取得轰炸瞄准参数。即确定每一瞬间飞机离目标的纵向和横向距离，与通过测量计算求得的炸弹射程和横偏长比较，生成轰炸瞄准图形和有关数据，显示在显示屏(器)上。飞行人员按提供的图形和数据，通过轰炸瞄准系统对目标进行方向瞄准和确定投弹时机，将航空器引领到正确的投弹点投下炸弹。

(王靖华)

fuza qixiang hongzha

复杂气象轰炸 (instrument meteorological condition bombing) 飞行人员及其航空器在云中、云上或能见度有限的条件下，投射轰炸武器的行动。依据气象条件的复杂程度、目标性质和飞行人员发现、观测目标的情况，需使用不同的轰炸瞄准设备和不同的轰炸瞄准方法。在云上、云中飞行人员无法目视目标的情况下，通常采用雷达轰炸或出云轰炸。前者适用于反射电磁波能力较强的目标，利用雷达设备观测目标，测定目标相对于航空器纵轴的方位角和目标与飞机之间的倾斜距离，以判定飞机与目标的相关位置，利用瞄准系统实施瞄准轰炸；后者适用于云底高和地形允许在云下轰炸，先从云中或云上按预定的航向飞向目标，在适当的时机下滑出云，然后使用光学轰炸瞄准具进行瞄准轰炸。对目视和雷达均不能发现的目标，可采用辅助瞄准点轰炸，即借助于目标附近显著地标进行间接瞄准轰炸。若机上装有相应设备，可采用导航轰炸方法，通过轰炸瞄准系统实施方向瞄准和确定投弹时机。还可

以综合应用导航、瞄准、飞机自动驾驶仪、军械等设备，构成自动导航轰炸瞄准系统，对目标实施轰炸。后两种方式需预先掌握目标的准确位置坐标。无线电导航轰炸设备易受电子干扰。在能见度有限的条件下，若尚能看到目标，只是发现目标距离较近，可用于瞄准时间短，仍应使用光学轰炸瞄准具进行轰炸。飞行人员应采用有效方法搜索目标，力争及早发现识别，并灵活运用各种瞄准方法，在短时间内完成瞄准轰炸。若目标区能见距离太近，无法进行轰炸瞄准，可采用计时法轰炸。发射空地(舰)导弹，因机载设备、导弹类型和目标的性质不同而异，一般亦采用雷达或利用目标坐标判定发射点，进行瞄准跟踪，当满足"允许发射"条件时发射导弹。

随着飞机、机载电子设备和轰炸武器的发展，复杂气象轰炸的手段将更多、更有效。如超视距轰炸不再受复杂气象条件的限制。（王靖华）

bachang hongzha

靶场轰炸 (range bombing) 飞行人员从航空器上在专门场所进行的投射实弹的训练活动。是训练飞行人员掌握轰炸技能的基本方式。一般使用练习弹，有时也用真炸弹。

靶场轰炸使用的场地，可以设置在陆上，也可以设置在水上，主要设备有靶标、轰炸航路起点、观测台和指挥所等。靶标是练习轰炸用的目标。陆上靶场通常设置固定靶标，如用石灰、煤和灯光做成的靶标，用于光学轰炸瞄准具轰炸；用钢板、铁丝网制成角反射器或采用电子发射器的靶标，用于雷达轰炸瞄准具轰炸。水上靶场通常设置活动靶标，一般用浮筒或木排做成，由舰艇拖曳。靶场内还可设置各种模拟战术靶标。轰炸航路起点（自然地标、人工标志、无线电导航台等）用来规定实施轰炸飞机的进入方向和确定开始瞄准的时机。观测台用来观测炸弹的爆炸点，通常配有光学、雷达或激光观测设备。靶场指挥所是靶场指挥员对实施轰炸飞机进行指挥的场所，通常配有无线电台、电话和其他通信设备。

进行靶场轰炸时，为了准确进入轰炸航路和保持靶场空域的良好秩序，必须正确地建立靶场航线。靶场航线的形状和大小，依据飞机机型和轰炸练习（轰炸条件）等具体情况确定。检查靶场轰炸结果(即确定弹着点偏差和命中目标炸弹数目)的方法：① 空中照相检查法。在炸弹爆炸瞬间进行空中照相，根据照片判定轰炸结果。②地面观测台观测检查法。在炸弹爆炸瞬间，由靶场的观测台测量弹着点的位置，确定弹着点误差。使用光学观测设备时，由几个观测点同时对某一弹着点观测交汇而得；使用雷达或激光观测设备时，同时测出弹着点相对于观测台的方位角、距离而得。③实地测量检查法。在靶场轰炸结束后，派人到实地去测量弹着点偏差或查明命中弹数。（王靖华）

jiading hongzha

假定轰炸 (assumed bombing) 飞行人员从航空器上不投射轰炸武器，利用地面设备观测或空中照相等方法检查"投弹"结果的训练活动。是模拟轰炸训练的一种方式。可不受靶场限制，对各种真实目标实施瞄准"投弹"，比较切合实战要求，是提高飞行人员战术轰炸技能的一种方式。

实施假定轰炸时，飞行人员按正常操作程序对目标进行轰炸瞄准，以空中照相和投弹信号代替投弹。①照相轰炸。在"投弹"瞬间或投弹后的一定时间对目标照相，通过对照片的判读计算检查"轰炸"结果。水平照相轰炸是在照片中求出航空器位置，再根据弹道学原理推算出假想弹着点及弹着偏差。俯冲照相轰炸是根据"投弹"瞬间所照的照片上目标的形状、大小和位置，求出"投弹"原始数据的误差，再计算出假想弹着点及弹着偏差。通常只能在简单气象条件下实施，其准确性受飞机姿态等因素影响较大，检查效果不够理想。②利用地面设备检测结果的轰炸。通过地面设备观测航空器的航迹和投弹点等，进而推测计算出"投弹"结果。观测设备有雷达、卫星定位、光学、激光设备等。使用地面雷达的假定轰炸设备，由炮瞄雷达、指挥仪和通信设备等组成。炮瞄雷达自动跟踪飞机，连续测出其方位角、高低角和斜距，并将这些数据传入指挥仪，计算出航空器位置、高度和航迹。到投弹瞬间由机上电台向地面发射投弹信号，指挥仪根据以上参数、信号和预先输入的目标位置、炸弹弹形系数、空中风等资料，通过解算弹道方程及有关处理数据，求出假定弹着偏差。使用卫星定位设备的假定轰炸，是用卫星定位、空地数传、数据处理和计算机等设备测定航空器位置，并根据投弹信号计算投弹时飞机的三维位置和三维速度参数，再根据这些参数和预先输入的目标位置、炸弹弹形系数、空中风等资料，通过计算机解算弹道方程及有关处理，求出假定投弹弹着点位置坐标和弹着偏差，实施时不受气象条件和飞机姿态等限制，有较大实用价值。使用光学或激光设备的假定轰炸，其原理与使用雷达的假定轰炸相近，但只能在中、低空和简单气象条件下使用。（刘宝生）

hongzha fangfa

轰炸方法 (bombing methods) 飞行人员从航空器上投射轰炸武器各种方法的统称。按投射轰炸武器时的飞行状态，分为水平轰炸、俯冲轰炸、下滑轰炸和上仰轰炸。

水平轰炸 飞机在水平飞行状态下进行的轰炸(图1)。适用于昼夜各种气象条件、各种高度和对各类目标进行轰炸，是轰炸机主要的轰炸方法。强击机、歼击机在低空、超低空对面状目标或垂直面较大的立体目标轰炸时，也可采用。分为高空、中空、低空和超低空水平轰炸。高空水平轰炸，利于搜索、识别目标，可减少敌中、小口径高炮的毁伤，但轰炸命中率较低。通常只在轰炸较大面积目标或投掷核武器时使用；中空水平轰炸，轰炸的准确性较高，但易受各种防空武器的伤害。通常用于轰炸中等面积目标；低空、超低空水平轰炸，利于达成隐蔽突然，但用于搜索识别目标和瞄准轰炸的

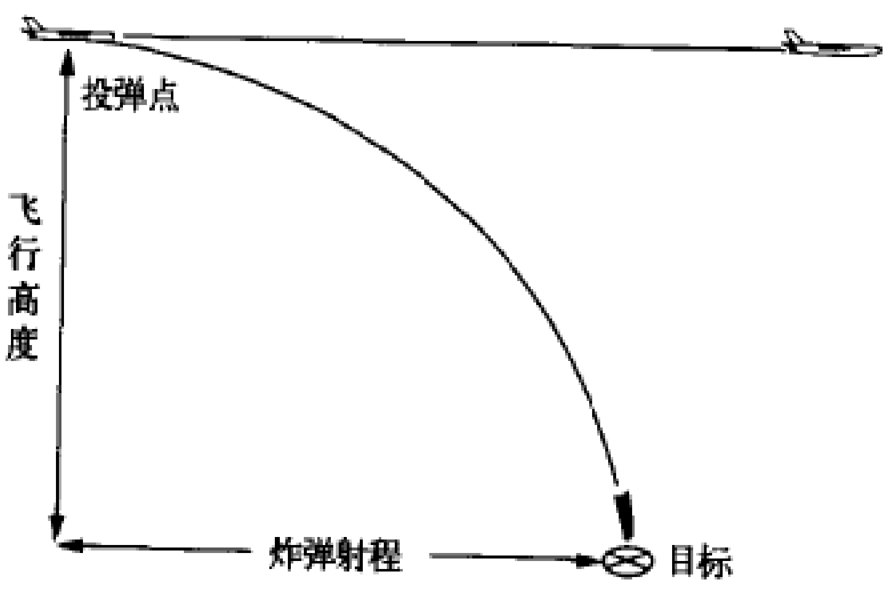


图1 水平轰炸示意图

时间短，轰炸难度比较大，投弹时机不易精确掌握，适用于对狭长目标轰炸；超低空轰炸时，容易产生跳弹，通常使用低空伞弹，增大炸弹落角，以保证载机安全。

俯冲轰炸　飞机向前下方以较大下降角的直线加速飞行中进行的轰炸(图2)。是强击机、歼击机和歼击轰炸机主要的轰炸方法，其准确性较高。适用于轰炸点状目标和活动目标，但轰炸高度受到一定的限制。一次俯冲轰炸的全过程分为水平飞行阶段、进入俯冲机动飞行阶段、直线俯冲阶段和改出俯冲阶段。水平飞行阶段，主要是引导飞机飞向俯冲点，并用瞄准角或超越角来判定开始机动飞行的时机；进入俯冲机动飞行阶段，主要是操纵飞机作机动飞行，由平飞状态转入以规定的俯冲角进行俯冲，并引导飞机飞向直线俯冲开始点。可采用直接俯冲、半滚、斤斗或半斤斗翻转等方法进入俯冲；直线俯冲阶段，主要是保持一定的俯冲角直线俯冲，并对目标进行瞄准，操纵飞机飞向投弹点投弹；改出俯冲阶段，主要是投弹后迅速脱离目标，上升高度或机动飞行。俯冲轰炸需要进行两次瞄准，第一次瞄准是操纵飞机飞向进入俯冲机动飞行起点并确定开始机动飞行时机；第二次瞄准是操纵飞机飞向投弹点并确定投弹时机。判定投弹时机通常采用测角法和测角测角速度法。

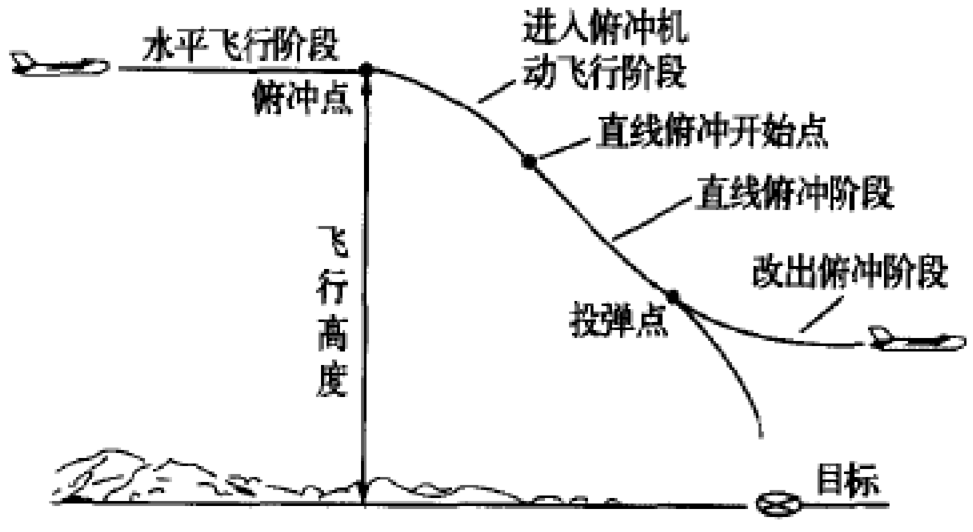


图2　俯冲轰炸示意图

下滑轰炸　飞机沿较缓的向下倾斜轨迹作直线等速飞行时进行的轰炸。与俯冲轰炸相比，下滑轰炸操纵简单，但准确性较低。适用于轰炸狭长目标。实施下滑轰炸需进行两次瞄准，第一次瞄准是操纵飞机飞向进入下滑点，根据进入下滑点的倾斜瞄准角、瞄准面倾斜角以及水平飞行时的偏流角判定开始下滑时机；第二次瞄准是操纵飞机飞向投弹点，根据投弹时的倾斜瞄准角、瞄准面倾斜角以及下滑时的偏流角判定投弹时机。

上仰轰炸　飞机向前上方在仰角不断增大的垂直机动飞行中进行的轰炸(图3)。是强击机、歼击机从低空、超低空进入目标投核武器的主要方法。根据瞄准设备不同分为选择上仰起点法和选择投弹点法；选择上仰起点法是根据进入上仰的高度、速度、负荷因数等条件和预先规定的投弹仰角，选择一个适当的上仰起点，飞机在该点按预定条件进入上仰，并按规定的投弹仰角投弹。选择投弹点法是根据进入上仰的高度、速度、负荷因数等条件和任意确定的上仰起点，在上仰过程中选择投弹点。通常需要使用按选择投弹点的原理设计的自动瞄准设备。

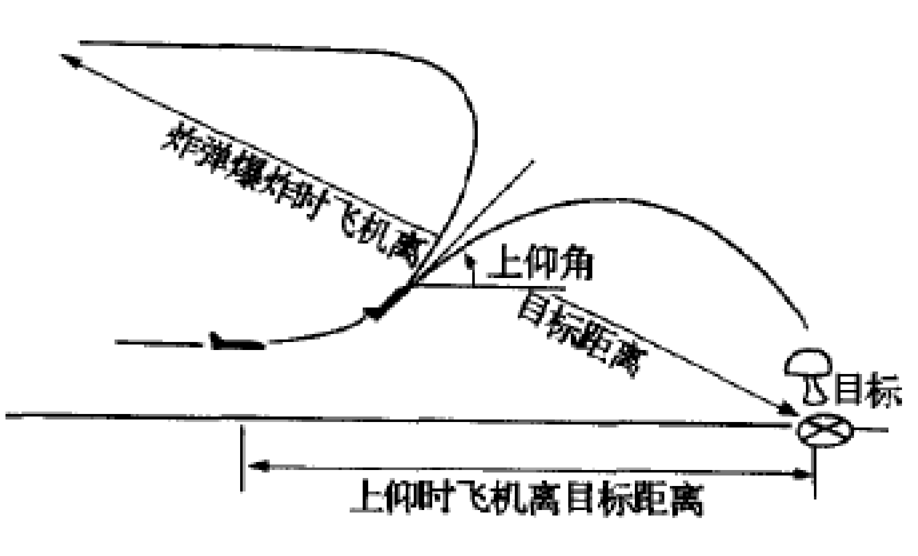


图3　上仰轰炸示意图

水平轰炸是最早使用的轰炸方法。俯冲轰炸是第一次世界大战结束以后逐步形成的一种轰炸方法，由于轰炸的准确性较高，很快受到世界各国的重视，并在第二次世界大战中得到了普遍应用，从而促进了这种方法的迅速发展。上仰轰炸是为适应强击机、歼击机投掷核武器的需要发展起来的一种轰炸方法，并已初步形成瞄准原理和误差分析等理论。

(王永耀)

hongzha bingli jisuan
轰炸兵力计算　(bombing calculation)

航空兵在对预定目标实施轰炸突击前进行的所需轰炸兵力和预期突击效果的计算。可根据已定的轰炸兵力计算预期突击效果，也可根据预期突击效果计算所需轰炸兵力，还可通过计算，估算出部队作战能力、弹药需要量以及选择有利的轰炸条件与轰炸突击方案等。其计算结果是指挥员定下兵力使用决心的重要依据之一。在每次战役、战斗之前，指挥人员对本次作战的有关轰炸行动进行兵力计算。通过计算选优，可以更加科学合理的使用轰炸兵力、兵器，将有限的兵力用到作战的主要方向、关键时节和轰炸突击最重要的目标上，以较少的兵力获取较大的战果。

分类　按轰炸目标和使用武器分为：①对单个目标(具有独立职能且面积较小的目标，如桥梁、舰船、雷达站等)的轰炸兵力计算。通常用毁伤目标概率表示预期突击效果。②对面状目标(分布在一个有限面积范围内的一组目标，如炮兵阵地、铁路枢纽、海军码头、部队集结地域等)的轰炸兵力计算。用平均毁伤目标百分数或完成任务的概率表示预期突击效果。③封锁机场跑道(使敌机在预定时间不能在该机场起飞、降落)的轰炸兵力计算。用封锁成功的概率来描述预期突击效果。④使用航空子母弹的轰炸兵力计算。以一颗航母弹的杀伤区面积取代一颗普通航空炸弹的战术破坏面积。⑤使用核航弹的轰炸兵力计算。按解决问题方法，分为解析法(按一定理论公式计算)和模拟法(按给定的轰炸条件利用计算机模拟技术进行计算)。按战役与战斗行动要求，分为战役轰炸兵力计算与战术轰炸兵力计算。前者是指对某一战役(或战役阶段)的作战能力与弹药需要量的计算，它是在战术轰炸兵力计算的基础上进行的一种宏观估算；后者是指航空兵对某一个预定目标实施一次突击的轰炸兵力或预期突击效果的计算。战役与战术轰炸兵力计算分别为指挥员在组织战役与战斗行动中正确使用轰炸兵力提供数量分析依据。

方法和依据　轰炸兵力计算是运用概率论的原理和方法，根据航空炸弹的散布规律和各种轰炸条件对炸弹散布的影响，计算出在一定条件下命中目标的概率，进而解决轰炸兵力和突击效果的预测问题。计算的基本依据是：目标情况、任务要求、武器装备、人员素质和轰炸条件等。因轰炸目标的性质和作战要求不同，需使用不同的效果指标，有的用毁伤目标的概率表示预期突击效果，有的则用目标平均毁伤百分数或达

到某一毁伤百分数的概率表示预期突击效果。

在实施轰炸的过程中，包含很多随机因素，要事先非常准确地预见和描述这些随机因素的发生、变化，确切地指出作战行动的最终结果是不可能的。但它的随机性又是有规律可循的。轰炸兵力计算就是利用轰炸过程中随机因素发生、变化的规律进行科学预测的一种计算。预测不是必然结果的描述，但预测是有一定科学依据的。

概况　轰炸兵力计算始于第一次世界大战，随着轰炸规模不断扩大，使用兵力逐渐增多，为使派出的兵力既能完成任务，又不致造成浪费，各参战国都很重视兵力计算。20世纪20年代，苏联军队将概率论应用于预测轰炸效果，形成了轰炸兵力计算(称轰炸计算)。当时的计算方法繁杂，也不全面，只能按一种固定的可靠概率计算需要出动多少架飞机，投下多少炸弹，才能达到预期突击效果。中国人民解放军空军于20世纪70年代研究出轰炸兵力计算方法，与过去的计算方法相比，其功能和计算精度都有较大提高。随着轰炸瞄准设备的发展和制导武器的广泛使用，轰炸命中精度得到极大提高，轰炸兵力计算方法也有了新的发展。　(王靖华)

hongzha jisuan

轰炸计算　(bombing calculation)　见轰炸兵力计算。

zaidan fang'an

载弹方案　(option of bomb load)　航空器上同时挂载的不同数量和类型轰炸武器的组合方案。主要根据任务要求(对目标的毁伤程度)、目标性质(目标形状、结构、强度及其掩蔽或暴露状态等)、飞机性能、载弹量和轰炸武器类型及破坏威力等选定。不同机型的飞机有不同的载弹方案，同一型号的飞机也有多种载弹方案。　(房启胜)

hongzha hanglu

轰炸航路　(bombing course)　为进行轰炸瞄准而选定的从轰炸进入点到目标之间的飞行航线。主要依据目标区地形、敌方地面防空火力、气象条件及飞行条件等多种因素选定。轰炸航路长短，通常根据飞机性能、机载轰炸瞄准设备性能、轰炸武器性能、轰炸高度、轰炸瞄准方法和飞行人员的技术水平确定。准确进入轰炸航路的方法有多种，有轰炸航路起点时，根据飞机与轰炸航路起点的相关位置，可采用直接转弯进入或蛇形转弯进入；没有轰炸航路起点时，通常根据飞机和目标的相关位置，采取直接转弯进入或通过目标转弯进入。

(房启胜)

hongzha hanglu qidian

轰炸航路起点　(starting point of bombing course)　航空器进入轰炸航路的起始点。选定轰炸航路起点的主要目的是为了便于搜索、发现和识别目标。通常依据轰炸任务要求、飞机和轰炸设备性能、目标区地形及敌防空情况、气象条件等选定。一般选取易于空中发现和识别的地标或导航台(站)。　(杨　灿)

hongzha jinrudian

轰炸进入点　(approaching point of bombing)　见轰炸航路起点。

hongzha mubiao xuanze

轰炸目标选择　(selection of bombing target)　从目标体系中选取适合航空器突击和易于达成作战企图目标的决策活动。

概况　在目标选择实践中，相继出现过第二次世界大战时期的工业—经济体系目标选择理论、朝鲜战争和越南战争时期的"瓶颈口"目标选择理论，以及20世纪90年代的"五环"目标选择理论。"瓶颈口"目标选择理论是指导选择交通运输系统目标的理论。它把交通网中的交通枢纽、重要桥梁看作"瓶颈口"，对交通运输网的突击只要破坏主要的交通枢纽和桥梁，即可导致整个交通系统瘫痪。"五环"目标选择理论认为现代社会的"重心"由五个大小不同的同心圆环组成。按从里到外的顺序依次为：领导核心、生产设施、基础设施、民心和野战部队。其要点一是以摧毁敌领导层或使其失去统治能力为目标，而不以消灭敌军事力量为目的；二是围绕攻击敌领导层，可对其他四个环内任何目标实施攻击，直到领导层屈服为止，战争可控性强；三是对其他目标的突击，依其对领导层的影响安排攻击次序。

选择原则　①依据上级意图，紧紧围绕达成战略或战役企图选择目标。②选择的目标要具有较高价值。目标价值是指目标系统在军事斗争中所处地位的重要程度，以及目标遭突击后对战役或战争进程影响的程度。③选择的目标要有利于夺取并保持战略或战役上的主动权。④选择目标时要根据作战双方的实际情况。如进攻一方的突防和轰炸能力，防御一方的对空防御能力和目标特点等因素，考虑是否切实可行。

选择方法　轰炸目标选择是一项复杂的系统工程，需要有专门机构，遵循上述各项原则，在充分占有目标资料的基础上，采用定性和定量分析相结合的方法，按一定程序进行。首先根据战役企图和打击重点，初步拟定需要打击的目标性质和范围，进而分析各目标系统的价值，反复权衡比较后初步选定所要突击的目标体系。在确定目标体系后，按目标选择原则进一步选出关键目标作为突击的重点，运用目标价值、可行性等原则逐个衡量、综合分析、评估、排序，从中选出最优目标方案供指挥员决策。突击目标确定后，还要通过各种手段对目标进行核查，以确保目标的真实性和准确性。　(易　扬)

hongzha mubiao shibie

轰炸目标识别　(identification of bombing target)　飞行人员通过目视或机载设备对轰炸目标的鉴别。轰炸实施的重要阶段。是顺利实施瞄准，保证准确轰炸的先决条件。通常是在飞机到达瞄准区域前进行。

为准确及时识别轰炸目标，在轰炸准备阶段，要对目标进行深入的研究。根据目标档案、最新的目标照片、影像和其他信息资料，了解目标的精确位置、特征、性能、面积、要害部位、伪装、瞄准点位置等情况，重点掌握目标的形状、大小、色调、反光、反射电磁波性能和特殊的标志等识别特征以及分析季节、时间、地区和气象条件对识别目标的影响。在轰炸实施过程中，应准确地进入轰炸航路，严格保持预定的轰炸航向、空速飞行，并根据航迹、时间掌握飞机位置。然

后根据飞机与目标的相关位置，目标与周围地标的关系位置，以及目标的识别特征来鉴别、辨认目标。

随着空对地武器尤其是制导武器的发展，轰炸方式、方法也在变化，对识别目标的方法以及对目标描述的数据特性也在发生变化，轰炸目标识别将由主要依靠飞行人员目视转到主要依靠机载搜索识别设备发现、识别目标。

（张寒松　杨乃谦）

hongzha maiozhun fangfa

轰炸瞄准方法 (methods of bomb-aiming)　确定轰炸瞄准诸元和投弹点的方法。是决定炸弹能否命中目标的关键。主要由轰炸瞄准设备的性能来决定。

主要方法　①水平轰炸瞄准分为方向瞄准和距离瞄准。方向瞄准是使瞄准具和飞机形成一定的角度，求出偏流角，并自动修正横偏长，完成方向上的修正，使爆炸线通过目标；距离瞄准是通过协调求出瞄准角，使飞机与目标的距离等于炸弹的射程。通过方向、距离瞄准使炸弹命中目标。水平轰炸瞄准方法在方向上分为航行法、向量法、测量偏流角法、倍角法；距离上又分为航行法、向量法、协调法、基线协调法和追赶协调法。②非水平轰炸包括俯冲轰炸、下滑轰炸、上仰轰炸等。非水平轰炸需要进行两次瞄准。第一次瞄准的任务是引导飞机飞向进入俯冲(下滑)、上仰起点，并确定开始机动飞行的时机；第二次瞄准的任务是引导飞机飞向投弹点，并确定投弹时机。俯冲轰炸时，轰炸瞄准方法因进入俯冲的方法不同而有所区别，主要有测角法和计时法两种；上仰轰炸时有选择投弹上仰角和选择上仰起点两种方法。

简史　对轰炸瞄准方法的研究始于日本。1910年，日本德川上尉首先对其进行了研究。1914年，法国在对轰炸瞄准方法研究时注意到在投弹时应确立目标与飞机的相关位置，推进了后来的轰炸瞄准方法研究。第一次世界大战时，轰炸仅限于在飞机上投掷手榴弹、小型炸弹对非预定目标进行攻击，效果甚微。大战末期，一些比较发达的国家出现了机械式直筒式光学轰炸瞄准具，其瞄准方法是：飞机在接近目标的过程中，只要十字中心压住目标就投下炸弹。这种方法大大提高了命中的精度，但使用不便，在轰炸的过程中经常丢失目标。随着光学技术的进步，1940年前后出现了向量式光学轰炸瞄准具。1943年，美国出现雷达轰炸瞄准具，使轰炸能在夜间进行。第二次世界大战后，出现了兼具上述设备优长的能与雷达交联的向量协调式轰炸瞄准具。1955年，英国皇家空军首先对电子管和模拟电路信息的处理进行研究，为研究现代平视显示器迈出了第一步。1968年，美国在A－7“海盗”攻击机上装备了平显火控系统，形成了平显对目标瞄准的控制。1980年，美国F－16飞机装备的平显系统已发展成平视瞄准系统，能在昼夜间显示轰炸攻击所需的“连续计算投放点”和“连续计算命中点”信息，使轰炸瞄准有了质的飞跃，其操作更简便、轰炸精度更高。为了适应新一代战斗机的需要，欧美各国都致力于平显的应用研究，激光、电视、衍射光学、液晶显示等性能更优良的平显不断涌现，轰炸瞄准方法将更加简单、直接和精确。

（杨　灿）

hongzha zhuyuan

轰炸诸元 (bombing data)　航空器对目标实施轰炸时所使用的基础数据。通常包括轰炸高度、速度、航空器俯仰角、轰炸进入方向、炸弹的弹道性能等参数。一般依据轰炸任务要求、目标性质、航空器性能、轰炸瞄准设备性能及目标区防空等情况来确定。　（杨　灿）

hongzha gaodu

轰炸高度 (bombing altitude)　航空器投射轰炸武器时的飞行高度。分为超低空轰炸、低空轰炸、中空轰炸、高空轰炸和超高空轰炸。低空和超低空轰炸可提高轰炸准确性，利于达成隐蔽突防，但搜索识别目标较困难，可用于瞄准的时间较短，需要考虑炸弹的毁伤作用对飞机的影响和引信的最低使用高度；高空和超高空轰炸可减少敌防空高炮危害和增大飞机作战半径，但进入目标的突然性降低，易遭敌地空导弹和歼击机拦截。高空轰炸使用普通炸弹，方向瞄准较困难，气象条件对炸弹运动影响较大，轰炸命中率降低；中空轰炸特点介于低空和高空之间。　（李萤川）

hongzha anquanxian

轰炸安全线 (safety line of bombing)　航空器轰炸战场目标时，为防止误伤己方部队而划定的最小安全距离线。主要根据炸弹的杀伤破坏半径、轰炸瞄准设备、瞄准与投弹方法、轰炸高度、天候、地形条件，以及飞行人员的技术水平确定。

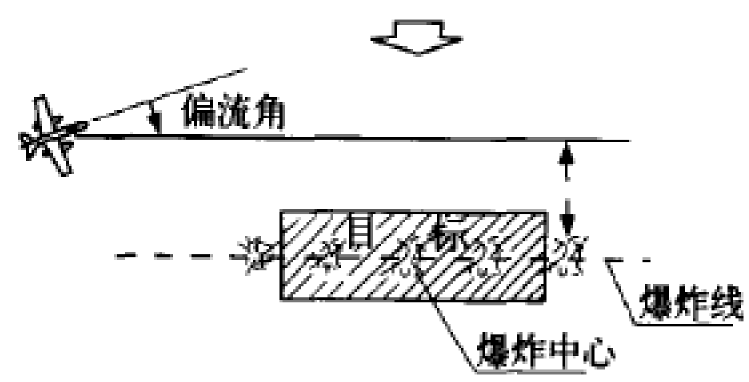
（李萤川）

toudan

投弹 (bomb releasing)　见轰炸。

toudan fangshi

投弹方式 (patterns of bomb releasing)　航空器投掷航空炸弹的方法与形式。分为正常投弹、应急投弹和超应急投弹。分别由正常投弹电路、应急投弹电路和超应急投弹电路完成。其中正常投弹电路是最主要的电路，能保证按照战斗任务要求的数量、间隔、方式和时机投下



连发投弹示意图

炸弹。正常投弹按投弹方法，分为自动投弹和手动投弹，通常使用自动投弹。当自动投弹机构发生故障或不易采用自动投弹方式时用投弹按钮手动投弹。正常投弹按进入一次投弹数量，分为单发、连发和齐发投弹；应急投弹电路和超应急投弹电路是在紧急情况下处理飞机所载炸弹的电路，可控制炸弹爆炸与不爆炸；超应急投弹电路在应急投弹电路故障时使用。　（李萤川）

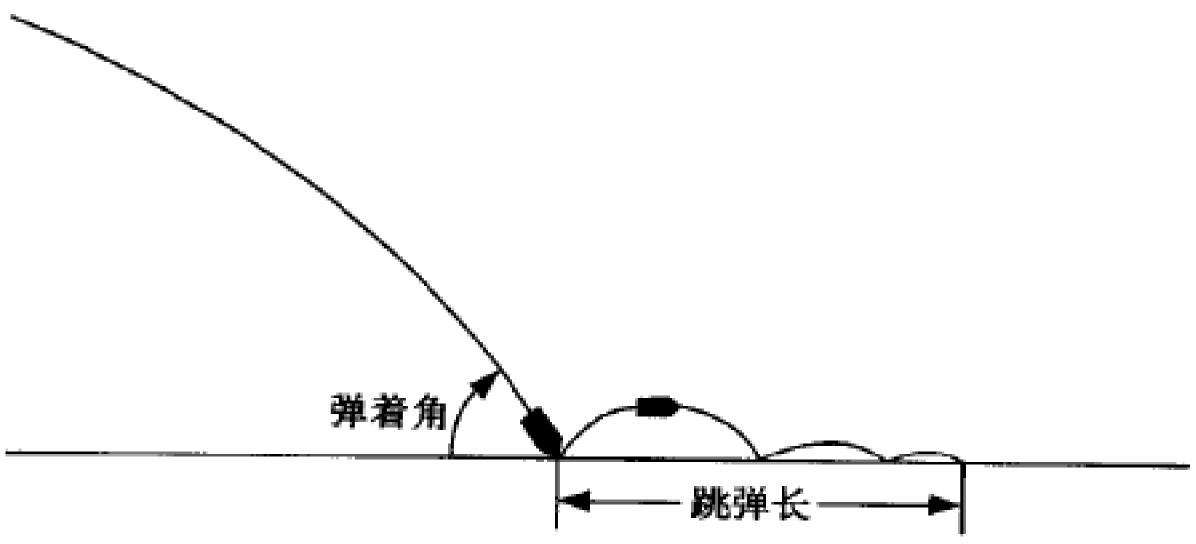
toudan anquan gaodu

投弹安全高度 (safe release altitude)　保证投弹航空器安全的最低投弹高度。投弹安全高度主要与炸弹的杀伤破坏半径和轰炸方法有关。炸弹的威力大，所需要的投弹安全高度就高；炸弹的威力小，所需要的投弹安全高度就低。在使用相同类型炸弹进行轰炸时，如果以水平轰炸为参考基准，上仰轰炸时由于增加了一定的高度，投弹安全高度可相对

低些。俯冲轰炸时由于降低一定的高度，所需的投弹安全高度就高些。在低空、超低空投放大威力的战术核武器，通常采用上仰轰炸的方式来保障航空器的安全。如果航空器需要在投弹安全高度以下投弹，可以在炸弹上装配延时引信或使用减速炸弹（如伞弹），以便投弹后能脱离危险区。（丁指南）

tiaodan

跳弹 (ricochet) 炸弹从航空器上投下，撞击目标后跳起并在空中继续向前运动的现象（见图）。产生跳弹与炸弹的弹着角和目标介质性质有关。炸弹实际弹着角小于介质的极限弹着角时，就会发生跳弹。介质的性质不同，可能发生跳弹的着角也不同。不同介质发生跳弹的着角如：水0°～6°、土壤0°～15°、混凝土0°～45°、钢板0°～50°。弹着角的大小主要取决于投弹的高度与速度，使用相同类型炸弹轰炸，航空器在低空、超低空以大速度轰炸目标时的弹着角比高空小速度轰炸目标时的弹着角小。因此，航空器的投弹高度越低，速度越大，目标越坚硬光滑，就越容易发生跳弹。如果介质不平，在方向上也会产生跳弹。跳弹在距离上的移动长度，称为跳弹长。跳弹长与飞机的速度、高度、介质的性质有关。轰炸高度越低，速度越大，介质越坚硬，跳弹长越长。虽然可以把跳弹长看作是射程的变化量而加以修正，但跳弹长和方向一般难以准确预测。在轰炸平面目标时，跳弹会降低命中率、减小侵彻力、影响破坏效果，应避免跳弹。当轰炸较大的立体目标时，跳弹又是可利用的因素，如突击舰船目标，可利用跳弹提高命中率。

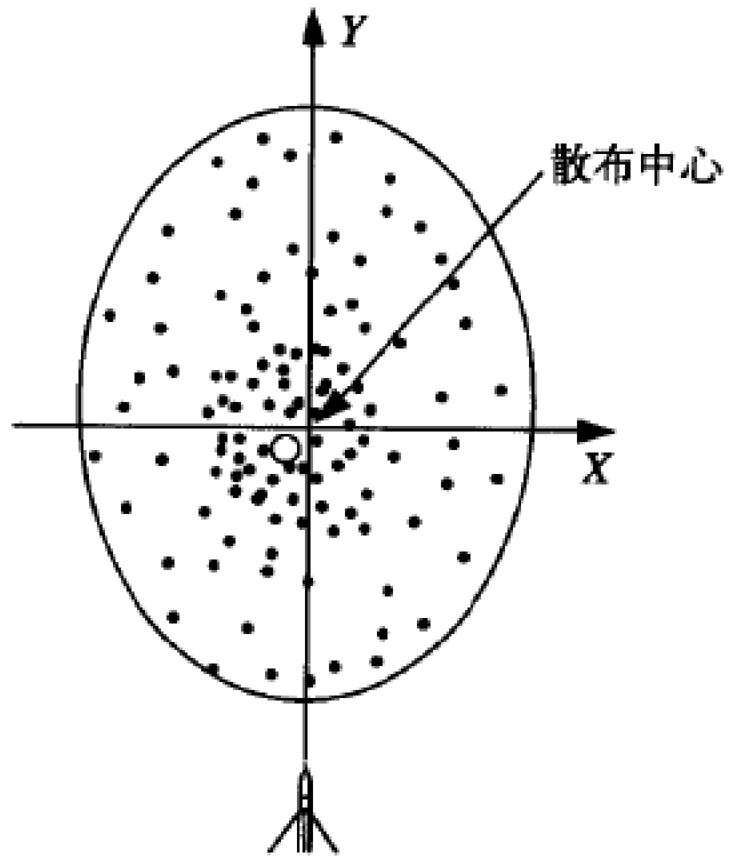


跳弹示意图

（丁指南）

hongzha sanbu

轰炸散布 (bombing scatter) 航空器投掷大量炸弹时，弹着点在以目标为中心一定面积上的分布现象。弹着点所分布的面积称散布面，散布面中心称散布中心。



轰炸散布示意图

散布规律 轰炸散布是客观存在并有一定的规律性：①散布是有边界的。在中空、高空轰炸时，弹着点基本分布在一个圆形的散布面内；在低空、超低空轰炸时，弹着点基本分布在一个长轴与进入方向一致的椭圆形的散布面内（见图）。②散布是不均匀的。离散布中心越近，弹着点越密集，离散布中心越远，弹着点越稀疏。③散布是对称的。如果通过散布中心作两条相互垂直的轴线，一条垂直于进入方向，一条平行于进入方向，则弹着点的散布大致对称于这两条轴线。

影响因素 轰炸散布面的大小，取决于轰炸的准确性与密集性。弹着点越密集，轰炸准确性越高，轰炸散布面越小；弹着点越稀疏，轰炸准确性越低，轰炸散布面越大。影响轰炸散布面大小的主要因素有：①轰炸瞄准具的性能。瞄准具的性能好，瞄准误差相对较小，炸弹散布面也小。②轰炸高度与速度。轰炸高度越低，速度越小，轰炸散布面也就越小。③轰炸方法。一般俯冲轰炸的散布面要比其他轰炸方法的散布面小。④炸弹弹道性能。弹道性能好，散布面小。⑤飞行员的技术水平。飞行人员的技术水平高，在克服气象条件影响、调整和保持航空器稳定性、使用瞄准具精确瞄准等方面比技术水平低的飞行人员要好，轰炸时弹着点的散布面就小。

（丁指南）

hongzha shashang pohuai midu

轰炸杀伤破坏密度 (fragmentation density of bombing) 轰炸杀伤破坏单位面积的目标所需命中的某种炸弹的重量。单位是吨／平方千米。它与炸弹的杀伤能力、目标的易损程度有直接关系，是轰炸兵力计算的参数之一。杀伤破坏密度（F）可以根据每颗炸弹的杀伤破坏面积（A）和炸弹重量（G）求出：F=G/A。轰炸杀伤破坏密度主要用于概略计算突击面状目标所需的轰炸兵力。计算时，首先根据面积（S）和轰炸杀伤破坏密度（F）求出必须命中的炸弹数量（F_0），$F_0=F\times S$。然后根据弹着点的散布规律，计算所需投下的炸弹量（Q），$Q=F_0\times\xi$（ξ为弹着点的散布系数）。若每架飞机的载弹量为C，则所需出动的架数M为：$M=Q\div C$。

（张寒松）

hongzha shigu

轰炸事故 (bombing accident) 轰炸中，发生的误伤己方人员、航空器或损坏建筑物等意外事件的统称。主要指因飞行人员的差错或轰炸设备、航空炸弹故障，造成炸错目标；航空炸弹落于靶场目标范围之外，误伤己方人员或损坏建筑物；航空器与投下的航空炸弹相撞；航空炸弹炸伤己方航空器等。飞行人员的差错主要有：对轰炸设备检查不周，违反轰炸安全规定，轰炸设备操纵错误，误判靶标目标，机组配合或编队协同不好等。防止轰炸事故是飞行指挥人员和飞行人员必须经常研究和准备的重要领航内容。为防止轰炸事故，组织指挥要正确选择轰炸瞄准点和进入方向，精确计算轰炸数据；正确规定低空、超低空轰炸最低投弹高度。飞行人员要熟悉轰炸设备的性能和使用特点，严格遵守轰炸靶场使用细则和有关规定，认真执行指挥员的指示；投弹前，要确实判明靶场及靶标位置。另外，地面机务人员维修不

当也会造成炸弹早投或投不下、空地导弹发射不正常等严重事故。

（冯曰方）

空中射击技术

kongzhong sheji

空中射击 (air firing)　飞机、直升机在空中以航空武器对空中、地（水）面目标进行的射击。使用的武器有航空机关（枪）炮、航空火箭弹和空空、空地导弹等。

简史　第一次世界大战前，交战双方的飞行员最初用手枪在空中互射。不久，法国人将地面步兵机枪装在飞机后座活动支架上进行空中射击。1914年10月5日，法国飞行员弗朗士，用机枪首次击落一架德国双座侦察机，这是世界上第一次有战果的空中射击。1915年发明了机枪射击协调器，子弹可以穿越螺旋桨平面而不会击中桨叶，随之出现将机枪固定在机身上能向前射击的单座歼击机。第二次世界大战中，航炮成为飞机的主要射击武器，同时航空火箭弹开始用于空战。50年代，空空导弹、空地导弹开始服役并用于实战，逐渐成为空战的主要武器。机载武器装挂和发射装置及火力控制系统也得到相应发展。空中射击使用的武器和射击方式，随着装备的发展而发生变化。

基本原理　空中射击是在飞行高度、速度、姿态多变的运动状态下进行的，射击条件复杂，时机短暂。歼（强）击机使用航炮、航箭射击时，要使弹丸准确命中目标，必须在有效射程内通过瞄准使武器轴线相对目标构成修正角，包括修正目标运动需要的提前角、修正重力引起弹道降低量的抬高角，弹头初速向量与本机速度向量不一致时，还要修正迎角引起的带偏修正角。在轰炸机上侧射时，修正角通常包括提前角、抬高角、侧射偏差修正和退曳修正角，武器与瞄准设备位差较大时，还要构成位差修正角。此外，对地面目标射击时，还要考虑风的影响，构成偏流修正角。使用制导武器时，瞄准的目的在于获得保证导弹截获、跟踪和击毁目标所需的发射条件。

歼（强）击机对空中目标射击　武器通常是向前安装的，通过机动飞行赋予武器射击方向。空中射击一般包括接敌、占位、进入、瞄准、射击、脱离等动作。飞行员利用机载雷达、前视红外装置或目视发现目标，机动飞行使目标进入瞄准范围，利用射击瞄准具或平视显示器显示的光环或瞄准标志进行瞄准。航炮射击修正角的构成方式有：使用活动光环在跟踪瞄准时自动构成；在快速射击中利用弹丸迹线（热线）构成；使用固定光环人工量取等。

使用航炮对空中目标射击。可分为跟踪射击、拦截射击和跟踪拦截射击等方式。①空中跟踪射击。飞机跟踪目标的同时，瞄准具（平显）不断构成瞄准所需要的修正角，并在一定距离开火射击，这种边跟踪、边瞄准、边射击的方法，称为跟踪射击，这种方法命中率较高，但由于攻击机要沿一定的攻击曲线飞行。受飞机机动能力，飞行员对过载的承受能力，瞄准具（平显）构成修正角范围以及武器有效射程和最小退出距离等限制，使跟踪射击只能在目标后半球较小范围，即跟踪射击曲线和可能射击范围（图1）内实施。在高空或对高速目标攻击时，跟踪射击范围将更小，在目标剧烈机动的情况下，跟踪射击难于实施。②空中拦截射击。攻击机对准目标前方某点直线飞行，待武器与目标构成修正角时射击，这种射击方法称为拦截射击。对直线飞行目标射击，攻击机首先以固定不变的观测角接敌（图2），到达适当距离以小角度转向目标，然后直线飞行瞄准射击。拦截射击射击范围大，但命中率较低，通常在负速度差条件下或对急剧机动目标时采用。③空中跟踪拦截射击。攻击机以小于跟踪射击时的角速度跟踪目标，修正角靠瞄准设备辅以人工修正构成。跟踪拦截射击通常在难于实施跟踪射击时使用。命中率高于拦射，低于跟踪射击。

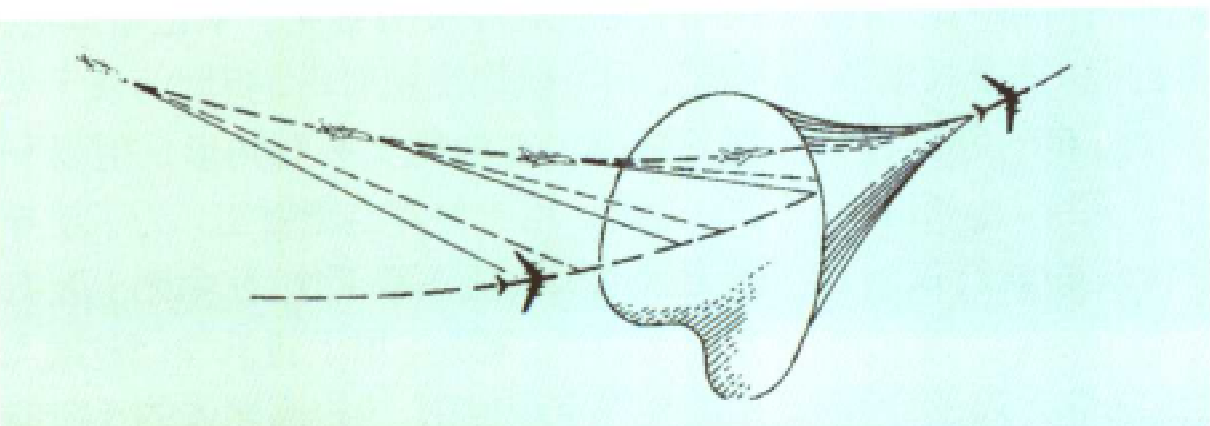


图1　跟踪射击曲线和可能射击范围示意图

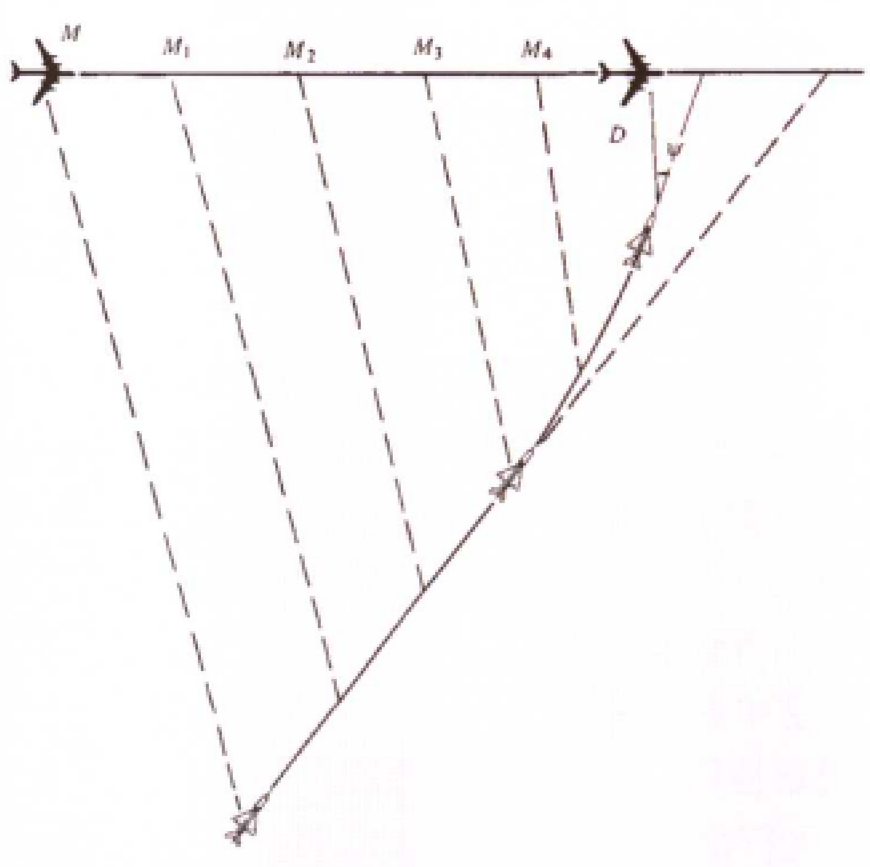


图2　拦截射击示意图

使用红外导弹对空中目标瞄准射击。早期的红外导弹只能定轴发射，利用与导引头视场大小和方向一致的固定光环瞄准，使目标进入光环，靠雷达测距，待截获音响、目标距离、飞机过载符合条件时即可发射。有离轴能力的导弹可进行人工解锁搜索或与雷达天线随动。使用半主动雷达制导的中距拦射导弹瞄准射击，利用雷达发现与选定目标，在平显上显示飞行指引符等标志，操纵飞机使瞄准点进入允许误差圆，待出现允许发射标志时发射导弹。使用中、远距空空导弹进行多目标攻击，主要依靠有多目标跟踪能力的雷达和有主动末制导的发射后不管的导弹来实现。机载火控系统能自动计算修正角和正确发射条件，并提供瞄准显示。

歼（强）击机对地（水）面目标射击　其方式可分为俯冲射击和下滑射击。进入俯冲射击通常采用转弯、直线或特技等动作进行，俯冲角约30°左右。

其他机种的空中射击　轰炸机和某些军用运输机的射击武器主要是自卫性的。20世纪50年代以前的轰炸机普遍装有旋转炮塔，但可能抗击范围受瞄准设备性能、武器射界、遮蔽区和射手瞄准极

限角速度的限制。轰炸机的射击武器也可对地面目标射击，其射击范围还要受飞行速度、高度的影响。60年代以后，由于空空导弹的发展，炮塔基本失去作用，而靠大速度突防、隐身和电子对抗技术等提高生存能力。

武装直升机的空中射击 其武器主要是进攻性的，有反坦克导弹、火箭弹、活动或固定的枪炮，有的已装有反直升机的空空导弹。可在悬停、平直飞行和俯冲状态下瞄准射击。

空中射击命中率 射击命中率取决于武器性能、火控系统的精度、射击条件、飞行员技术水平、目标机动能力。在武器装备性能一定的条件下提高命中率，关键是提高飞行员的瞄准射击技术和正确选择射击条件。

展望 未来空中射击方式将随着武器装备的发展而变化，歼击机上不仅采用高射速的航炮和性能更好的格斗导弹，还将更多地使用中、远距空空导弹，并不断完善火控系统。 （张云良）

kongzhong shejixue

空中射击学 (aerial gunnery) 研究飞机、直升机在空中以机载武器，对空中、地（水）面目标进行瞄准射击活动及其规律的学科。主要内容包括空中射击瞄准、空中射击火力控制系统工作、空中射击方法和空中射击效率等原理。

空中射击瞄准原理 包括非制导和制导武器射击瞄准两个方面。对非制导武器，是研究各种射击要素对射击误差影响的规律，确定射击时武器轴线相对目标线应建立的综合修正角（歼、强击机包括提前角、抬高角、带偏修正角和对地射击的偏流修正角等；轰炸机包括提前角、抬高角、侧偏修正角、退曳修正角、位差修正角和对地射击的偏流修正角等)。其瞄准原理有：使用光学瞄准具固定光环和平视显示器备用标志瞄准射击的绝对坐标系瞄准原理；使用光学瞄准具活动光环和平视显示器前置跟踪状态瞄准射击的相对运动瞄准原理；进行快速射击的热线瞄准原理。对制导武器，主要研究获得导弹截获、跟踪和击毁目标的发射条件；近距格斗导弹，中、远距拦射导弹，空对地导弹的发射方式及其瞄准原理。

空中射击火力控制系统工作原理 火力控制系统是用来测定射击要素，计算并构成各种修正角，确定射击时武器轴线相对目标的指向的重要设备。其工作原理，是研究各种类型火力控制系统构成修正角或导弹发射条件的原理，以及使用步骤和方法。

空中射击方法的原理 非制导武器对空中目标，可采用跟踪射击、拦截射击和跟踪拦截射击；对地面目标，一般采用俯冲射击。制导武器射击，可采用定轴瞄准定轴发射，定轴瞄准离轴发射，定轴扫描离轴发射，离轴扫描离轴发射，拦截射击等。空中射击方法的原理，主要是研究各种射击方法的基本规律和特点，阐明在不同情况下，各种航空武器对不同目标瞄准射击时载体的运动，正确选择有利射击条件和有效实施瞄准射击的方法步骤。

空中射击效率原理 研究内容主要包括射弹散布、命中率和击毁率等。击毁率是射击效率的反映，概率论是研究射击效率的理论基础。空中射击效率原理，是通过对影响射击效率因素的分析和击毁率计算，寻求提高射击效率的方法。使用航炮、航箭射击时，击毁率主要取决于射弹散布、火力控制系统的精度、射击条件、飞行员技术水平、目标机动能力和生存能力等。使用空空、空地导弹射击时，击毁率主要取决于导弹和机上有关系统的可靠性、发射条件、导弹制导精度及战斗部威力、目标易毁性等。击毁率可通过概率统计和计算求得。

简史 空中射击学的研究始于20世纪初。1915年，福克研制出世界上第一架装有固定前射机枪的“福克”歼击机，随着作战运用，一些国家开始进行空中射击理论的研究，并逐渐形成一门独立的学科。研究内容与机载武器和火控系统的发展息息相关。50年代以前，空中射击学主要是以航空机关枪（炮）和以绝对运动瞄准原理为基础的简单光学瞄准具为基本研究内容。50年代初，飞机上开始装备航空火箭和空空导弹，出现了以绝对运动瞄准原理为基础的半自动光学瞄准具，并开始装备雷达测距器和跟踪雷达瞄准具，为在夜间和复杂气象条件下瞄准射击创造了条件。60～70年代，平视显示/武器瞄准计算系统，逐渐取代了光学瞄准具与部分传统的航行仪表，并在直升机装备了头盔瞄准具。空中射击瞄准原理出现了热线瞄准、连续计算命中点和导弹发射等理论。70～80年代，美、苏等国研制装备了新型机载制导武器和综合武器火力控制系统，武器的性能和火控系统的功能、精度、自动化程度大大提高。空中射击学的内容拓宽到包含微电子学、光学、计算机原理等内容，并与飞行原理、空中领航学等学科融合。80年代末，开始研制综合化、自动化与智能化航空电子系统，它们以分布集中式计算机网络为基础，以综合火控系统为主体，对飞机各系统进行综合，形成统一控制、显示和调度的航空电子系统。

（祝英杰）

kongzhong genzong sheji

空中跟踪射击 (air pursuit firing) 见空中射击。

kongzhong lanjie sheji

空中拦截射击 (air lead-collision firing) 见空中射击。

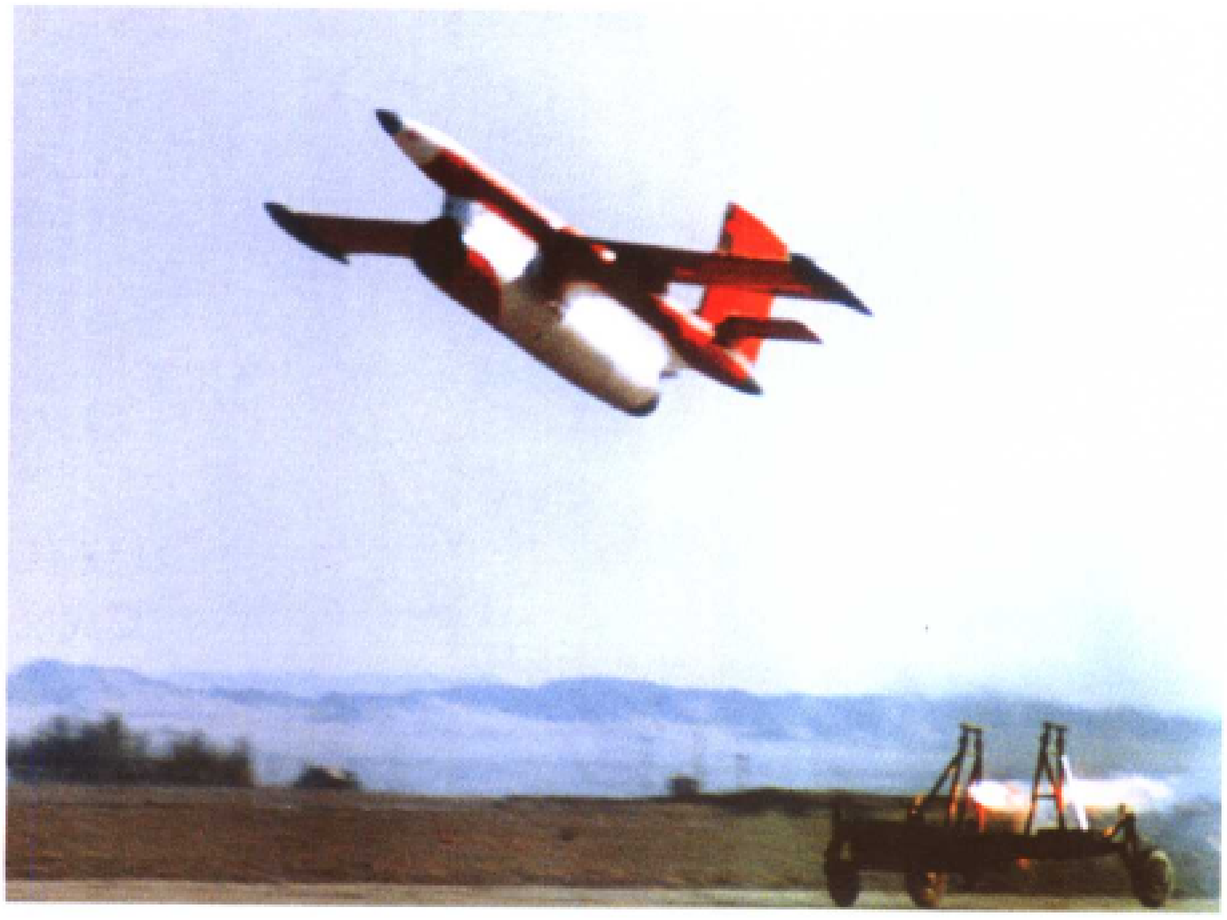
kongzhong genzong lanjie sheji

空中跟踪拦截射击 (air pursuit lead-collision firing) 见空中射击。

kongba sheji

空靶射击 (air target firing) 飞机、直升机在空中以机载武器对空中靶标进行的瞄准射击。用以培训飞行人员对空中目标的瞄准射击技能，亦可用于新机种(型)试飞，检验、考核武器和火控系统的性能。

空靶射击的类型：按机型，可分为歼击机空靶射击、轰炸机空靶射击和直升机空靶射击；按使用武器，可分为航炮空靶射击和导弹空靶射击；按靶标运动轨迹，可分为曲线空靶射击和直线空靶射击；按时间，可分为昼间空靶射击和夜间空靶射击。靶标分为可控靶和无控靶。可控靶主要有靶机（见图）与可控空靶。可控靶装有控制装置和动力装置，训练效果好，但价格昂贵，暂时尚未普遍使用。无控靶主要有拖靶、伞靶和弹靶。拖靶，用于航炮空靶射击，夜间为便于发现与瞄准，在拖靶上装有角形反射器和灯。伞靶，用于导弹空靶射击，为了使导弹无线电引信能正常工作，在伞靶上装有角形反射器。靶弹，用于新机种(型)试飞中的导弹空靶射击，为提高靶弹的反应能力，可装角形反射器和红外增强器。



中国长空1号靶机

航炮空靶射击，根据难易程度先进行曲线空靶再进行直线空靶。曲线空靶，拖靶机（一般使用的拖靶为三叶靶）按固定的高度、速度和坡度作水平盘旋，拖靶被甩在外圈，攻击机在拖靶的后下内侧以拖靶机相同的速度和坡度作水平盘旋，用较小的进入角进行跟踪瞄准射击，每次射击后不必退出，只作小量调整即可再次射击。直线空靶，拖靶机按固定的高度和速度拖着拖靶作直线飞行，攻击机在靶的后下侧，以比拖靶机稍大的速度、固定的坡度和较大的进入角对靶进行半跟半拦瞄准射击，每次射击后必须退出，重新占位，然后再次进入瞄准射击。

导弹空靶射击，通常使用带降落伞与角形反射器的照明弹，投弹机按预定的时间与高度投下伞弹后立即退出，攻击机按引导在预定时间到达攻击区，发现伞弹后进入瞄准，到达允许发射距离发射导弹，而后退出。

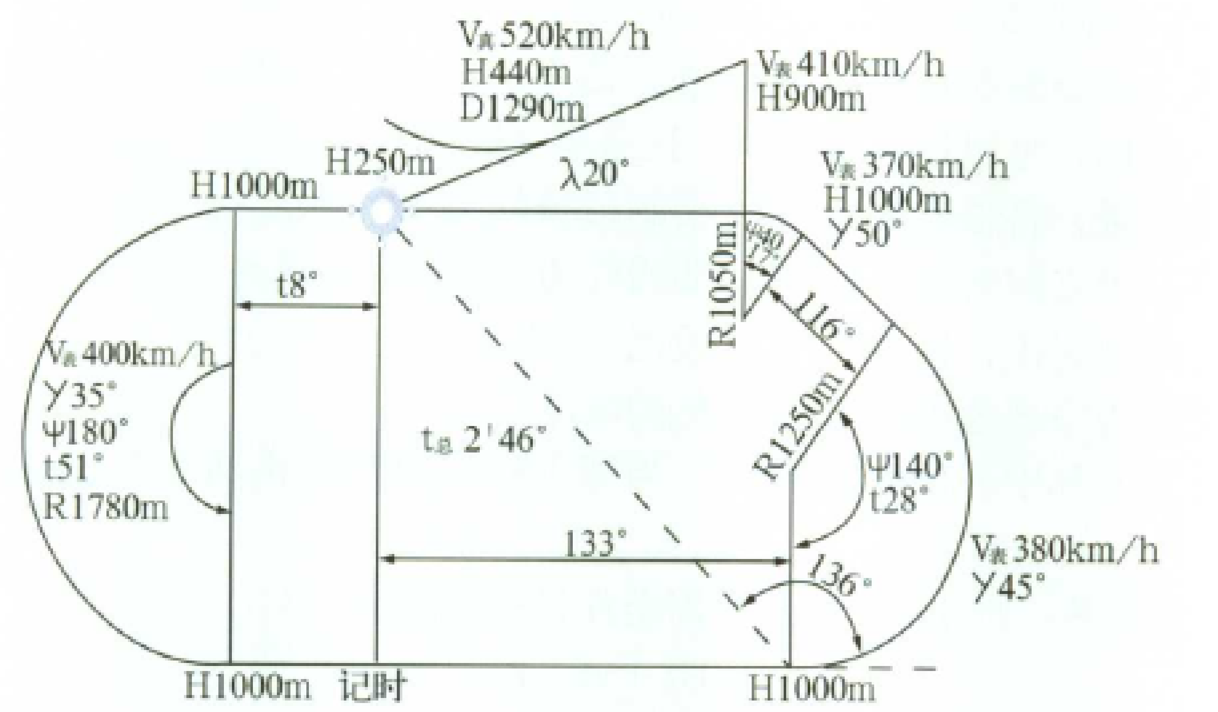
空靶实弹射击对保证安全有着严格规定。航炮空靶射击距离不能过近，目标进入角不能过小，以防止误伤拖靶机；射击中打掉靶时，应及时退出避开掉靶。导弹空靶射击攻击机必须待投弹机脱离后方可进入，发射导弹后应及时退出，以避开导弹战斗部爆炸后的破片。

（严复初）

diba sheji

地靶射击 (ground target firing) 飞机、直升机在空中以机载武器对地（水）面靶标进行的瞄准射击。用以培训飞行人员掌握对地（水）面靶标瞄准射击的技能；（水）面亦可用于新机种（型）试飞，检验武器和火控系统的性能。

地靶射击的类型 按机型，可分为强击机地靶射击、歼击机地靶射击、轰炸机地靶射击和直升机地靶射击；按使用武器，可分为航炮地靶射击、航箭地靶射击和导弹地靶射击；按攻击方式，可分为俯冲射击、下滑射击与水平射击。靶标的类型：按形状，可分为点状靶标、线状靶标和面状靶标；按设置方式，可分为固定靶与活动靶；按性质，可分为实物靶（如淘汰的坦克和车辆等）、模拟靶（如坦克、车辆、火炮和飞机模型）和训练靶（如三环靶、小圆靶和水上立靶等）。



地靶射击航线法示意图

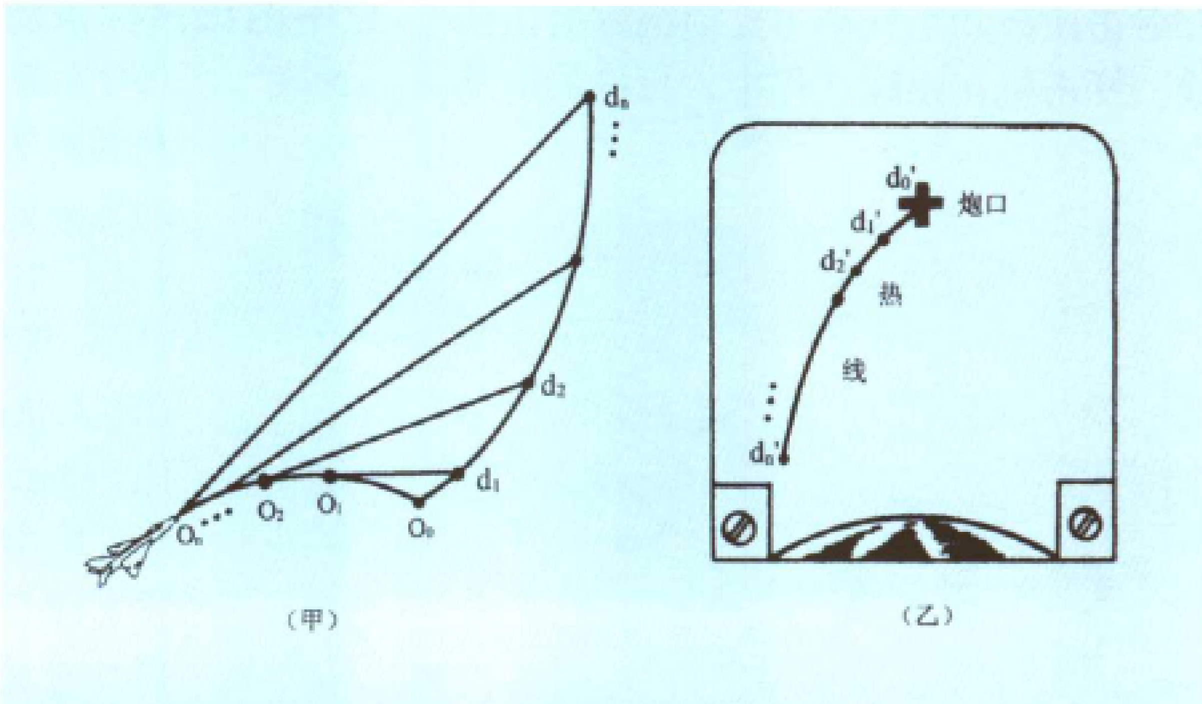
地靶射击的方法 在训练中通常采用地靶航线法（见图）。飞机按一定的高度、速度和方向从靶标上空通过，按时间到达预定位置进行一、二转弯，改出后向进入射击的反方向作直线飞行；当靶标观察角为预定值时（参考靶标投影在飞机座舱上的位置）进入三、四转弯，在四转弯过程中进行俯冲或下滑、对准靶标瞄准射击，射击后立即退出。如此连续进行至打完规定的弹药。

地靶射击具有较强的实战意义，且方法简单、易于掌握、组织方便、效果直观，在飞行训练和新机种（型）试飞中大量采用。为避开爆炸破片、确保飞行安全，对飞机俯冲角、射击距离、退出高度等都有严格的规定。在弹药数量有限的条件下，为取得更好的训练效果，可采用多次发射的短连射。（严复初）

hangpao kuaisu sheji

航炮快速射击 (high-speed cannon firing) 利用机载显示的计算弹丸示迹线进行航炮瞄准射击的方法。亦称连续计算弹着线（CCIL）法。即使用航炮对空中机动目标采用瞄上立即射击的方法。这种方法只需测量目标距离，不需测量其他目标运动参数，射击范围大，射击前不要求稳定跟踪目标，节省了瞄准时间，适用于歼击机近距格斗。

航炮快速射击出现于20世纪60年代末期。通过实时测量本机运动参数、姿态角和大气数据等，结合炮弹的弹道性能，由计算机解算出假定已发射的各弹丸同一瞬间相对于发射飞机的位置，将其连线在平视显示器上加以显示，称为示迹线。因炮弹高速飞行受空气摩擦温度较高，其连线亦称热线（见图）。如在弹丸飞行时间内实施攻击的飞机运动参数不变，示迹线可



热线示意图

预示现时发射弹丸未来各瞬间在空间的位置。热线上有相当弹丸飞行时间点，最远点的弹丸飞行时间一般不超过1.5秒。热线上弹丸离本机的距离等于实际目标距离的点称为特征点，特征点即瞄准圆中心，瞄准圆上有距离圆或距离多边形，雷达测距时自动显示目标距离，光学测距时要先装定目标翼展尺寸。瞄准时，飞行员应判断目标运动趋势操纵飞机使特征点与目标接近，并在目标与特征点交会之前开火，提前的时间应等于弹丸到特征点的飞行时间。

航炮快速射击的基本瞄准方法有两种：一种是瞄准时攻击机转弯角速度跟得上目标，可用瞄准圆中心瞄在目标上立即射击，类似活动环的跟踪瞄准射击，不需要稳环时间；另一种是瞄准时攻击机转弯角速度跟不上目标，可用热线长度作标尺量取提前瞄准量，将瞄准圆中心瞄在目标前方相应位置立即射击，类似活动环的半跟半拦瞄准射击，也不需要稳环时间。按快速射击原理改进陀螺光学射击瞄准具，使其光环中心代表特征点，可兼有有限的快速射击能力。

（曹福屏　严复初）

kongzhong genzong sheji quxian

空中跟踪射击曲线　(pursuit firing course)　歼击机对空中目标在跟踪射击过程中所飞过的航迹。其曲线反映歼击机跟踪、瞄准、射击全过程中的活动规律。通过对其研究、分析，可选择有利的攻击方向、速度比和开始瞄准的距离与进入角，可获得跟踪射击过程中所需飞行数据，为顺利实施射击、提高射击效果提供可靠依据。

按歼击机速度向量的指向，跟踪射击曲线可分为提前跟踪射击曲线、纯跟踪射击曲线和空气动力提前跟踪射击曲线。歼击机在跟踪过程中，目标的运动不断破坏瞄准，而攻击机的跟踪又不断恢复准确瞄准，如此反复，形成一条逐渐指向目标尾后的跟踪射击曲线。为便于绘制跟踪射击曲线，而又比较符合攻击的实际航迹，通常以攻击机不带迎角、且速度向量始终指向目标来绘制，这样绘制出的跟踪射击曲线称为纯跟踪射击曲线。一般把纯跟踪射击曲线作为歼击机的航迹。

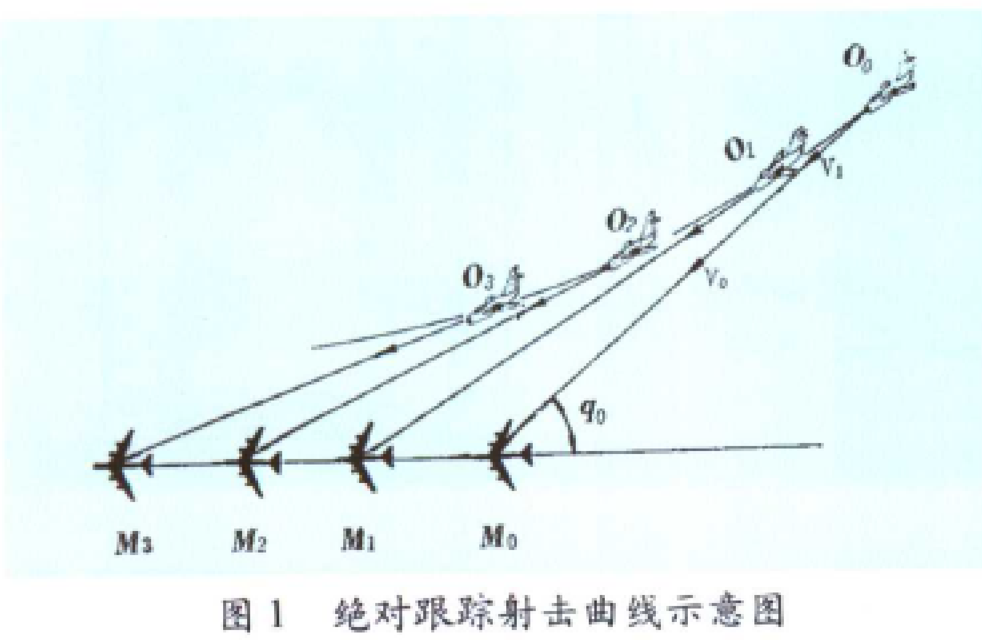


图1　绝对跟踪射击曲线示意图

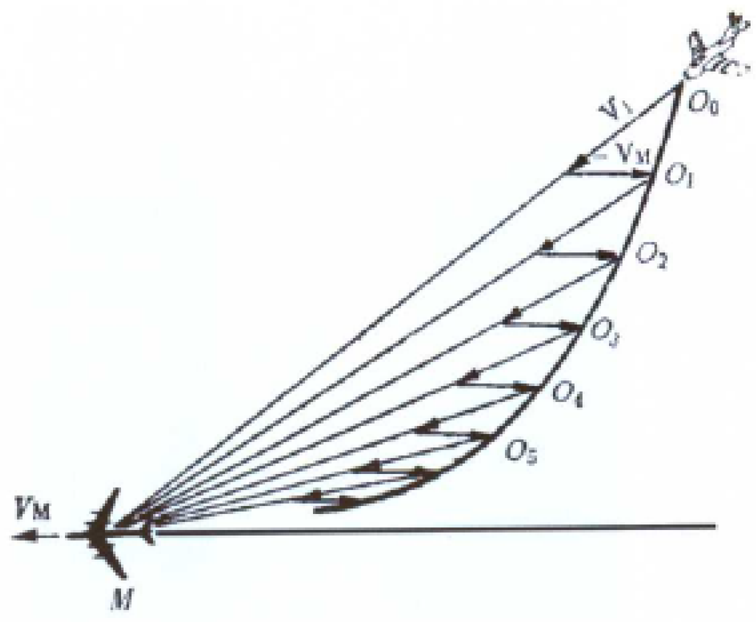


图2　相对跟踪射击曲线示意图

为便于研究跟踪射击曲线，常选用不同的坐标系。以作图条件目标机速度（V_M）500千米/时，攻击机速度（V_1）570千米/时（250米/秒），高度（H）3500米；开始瞄准射击进入角（q）70°，距离（D_M）570米为例：图1所示，为绝对坐标系的跟踪射击曲线，它反映了攻击机相对空气团所飞过的航迹；图2所示，为以目标为参照物的相对跟踪射击曲线，它反映了攻击机相对目标机的飞行航迹。但不管采用何种坐标系，同一瞬间攻击机相对目标的关系位置是相同的。

（张云良）

kongzhong sheji mubiao touyingbi

空中射击目标投影比　(air firing target aspect)　飞行人员在空中以不同的观测角观察活动目标时，目标投影的缩变程度。通常用目标投影长L′与目标实际长L之比来计算。其数值等于目标进入角q的正弦函数值，即目标投影比P=sin（q）=L′/L（图1）。

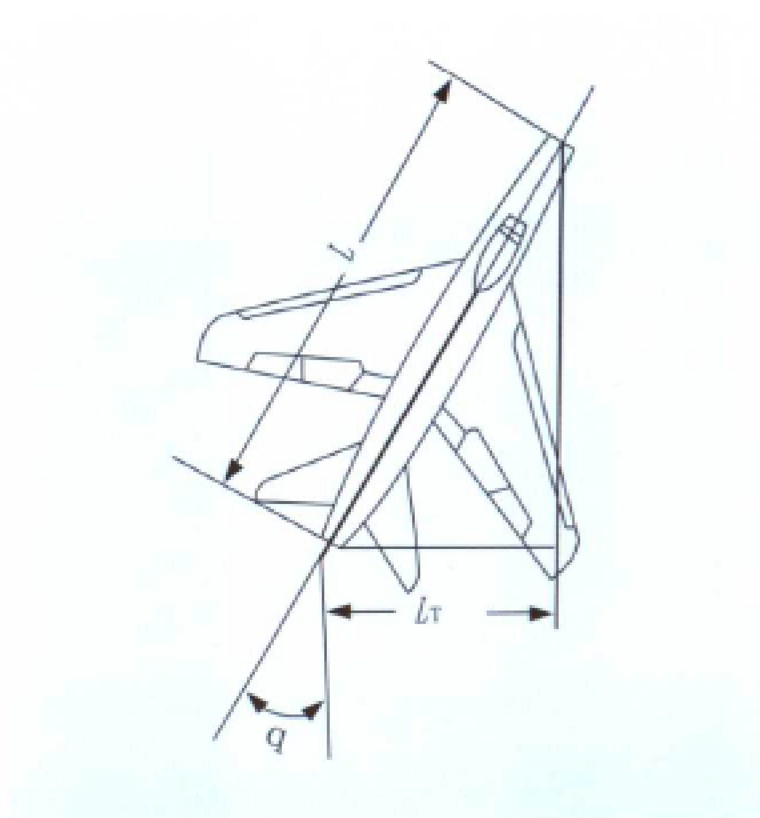


图1　目标投影比示意图

空中射击中，不同的目标投影比对应不同的进入角，根据这一关系可利用目标投影比估算出对运动目标射击需要的提前角，借助瞄准设备显示的光环，确定射击武器的瞄前量。为便于判断目标投影比的大小，通常将其划分为0/4、1/4、2/4、3/4、4/4等5种(图2)，其与目标进入角的关系如下表：

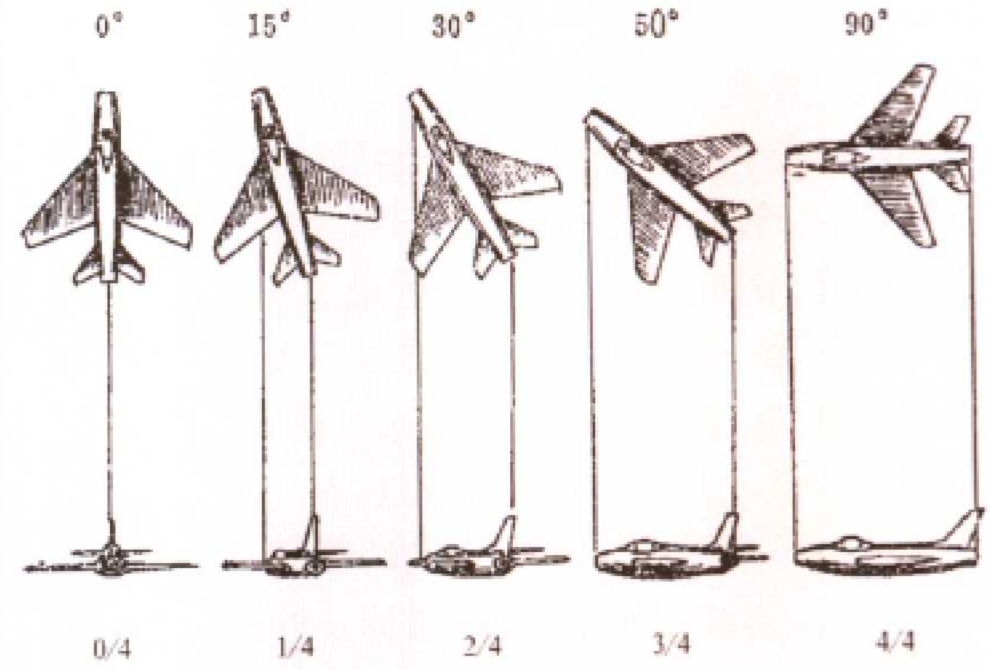


图2　5种投影比示意图

空中射击目标投影比

目标投影比	对应进入角（度）	Sin(q)	代表进入角范围（角）
0/4	0　180	0.000	0~6　174~180
1/4	15　165	0.259	7~21　159~173
2/4	30　150	0.500	22~38　142~158
3/4	50　130	0.766	39~60　120~141
4/4	90　90	1.000	61~90　90~119

对不同的目标可根据其结构特点，通过利用某一特殊部位在其他部分不同的投影位置、长宽的比较或视线与目标纵轴的夹角等方法来判断其投影比。

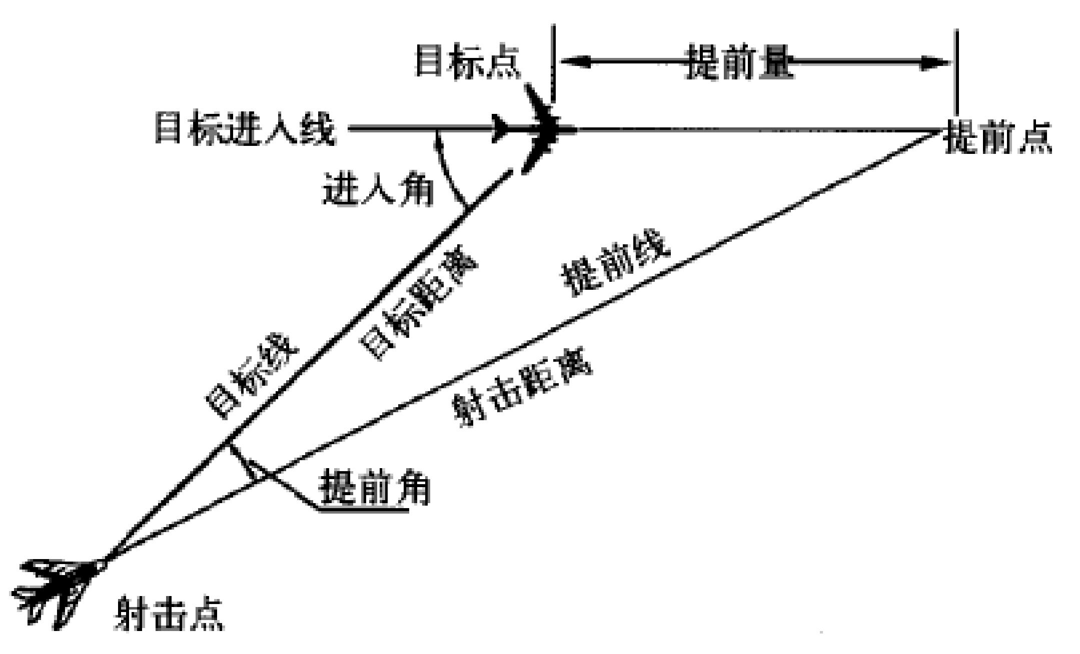
（贺治章）

kongzhong sheji mubiao jinrujiao

空中射击目标进入角　(air firing target aspect angle)　空中对活动目标射击时，目标线与目标进入线间的夹角。歼

击机射击时，是目标进入的反方向与目标线（射击点与目标间的连线）间的角度(见图)；轰炸机射击时，是目标进入方向与目标线间的角度。

目标进入角是空中射击基本参数之一和影响射击提前角的重要因素。在其他因素不变的情况下，目标进入角为0°或180°时，提前角为零；进入角由0°增加到90°时，提前角由零增至最大；进入角由90°增加到180°时，提前角由最大减小为零。通常在距离一定情况下使用固定环对空中目标射击时，常利用目标进入角对应的目标投影比来估算需要的提前角，将射击武器瞄前相应的角度开火，达到命中目标的目的。目标进入角的判断方法与空中射击目标投影比判断方法类似。



空中射击目标进入角示意图

（贺治章）

kongzhong sheji jiguang ceju

空中射击激光测距 (laser ranging for air firing)　空中射击时，使用机载激光测距器测定目标距离的方法。基本工作原理是，机载激光测距器产生一束持续时间极短的光脉冲射向目标，待光脉冲从目标返回时，测出发射脉冲与返回脉冲之间的时间间隔，则目标距离可用光速与时间间隔之积的一半来计算求出。具有速度快、精度高、不受电磁和地面杂波干扰等特点。主要缺点是：受测距器功率限制，作用距离较近；易受云、雾、雨、雪和浮尘等气象要素的影响。这种测距方法多在对目视可见目标攻击时使用，尤其在对地面目标攻击时，测距效果更佳。研制可靠性高、大气穿透能力强、通用性强的机载激光测距器是未来的发展方向。

（贺治章）

kongzhong jiedi zhanweifa

空中接敌占位法 (air target approach)　飞行员从发现空中目标至占据有利攻击起始位置所作的机动飞行。目的是为攻击创造有利条件。基本方法有4种：①曲线接敌占位法（图1)。攻击机将机头对准目标（或提前一个角度），保持这一关系作曲线飞行接近目标，占据攻击起始位置。这种方法适用于在目标前半球3/4～4/4目标投影比方向上开始接敌。对尾后装有警戒雷达的飞机，为避开其警戒雷达的警戒范围，通常采用从目标机前半球曲线接敌占位法；对机动目标攻击，采用这种方法不易被目标机摆脱；在夜间进行空战时，发现目标比较困难，一经发现，则采用这种方法盯住目标。②平行接敌占位法(图2)。攻击机从目标后半球与目标保持一定间隔（或高度差），平行追赶目标，占据攻击起始位置。这种方法适用于在目标后半球小于2/4目标投影比范围内接敌。对于小速度目标、机动性差的目标和尾后无警戒雷达的目标采用此法较为有利。③相对直线接敌占位法(图3)。攻击机以固定的观测角，使机头对准目标前方与目标成交叉航向作直线飞行，并保持观测角不变，接近目标占据攻击起始位置。这种方法通常用于目标后半球2/4～3/4目标投影比方向上开始接敌。对于大速度目标、机动性差的目标和在平流层飞行的目标，使用此法较为有利。对尾后装有警戒雷达的目标，用大投影比相对直线接敌占位可避开雷达警戒。④相切直线接敌占位法（图4)。攻击机取一个适当的观测角，使机头对准目标前方与目标成交叉航向作直线飞行，飞行中观测角不断减小，接近目标占据攻击起始位置。由于攻击机沿一条相切于跟踪射击曲线的直线接近目标占据攻击起始位置，故称相切直线接敌占位。这种方法适用于目标后半球3/4～4/4目标投影比方向上开始接敌。通常在对大速度目标、机动性差的目标、尾后装有警戒雷达和有防御火力的目标攻击时采用这种方法。对平

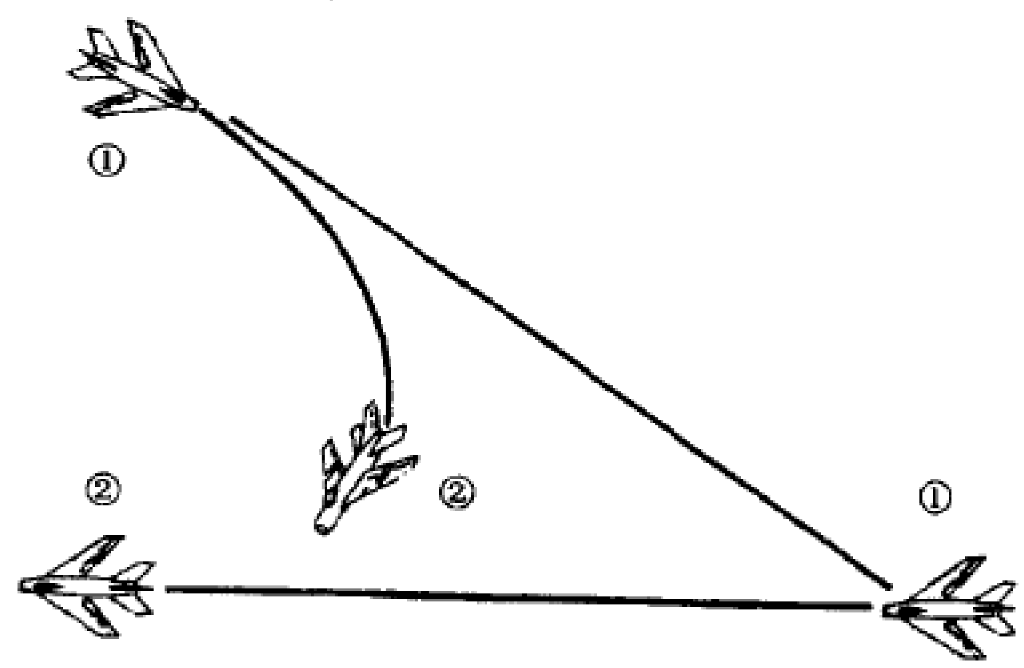


图1　曲线接敌占位示意图

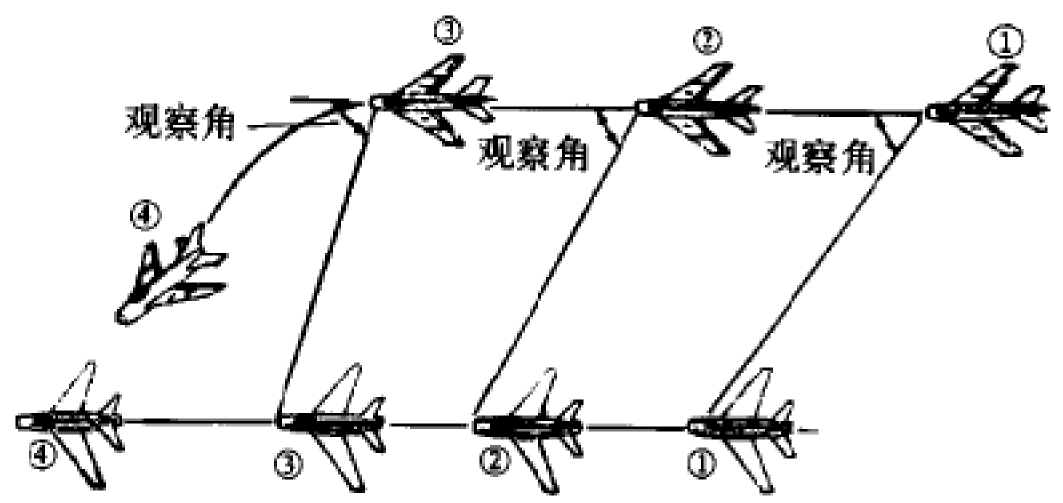


图2　平行接敌占位示意图

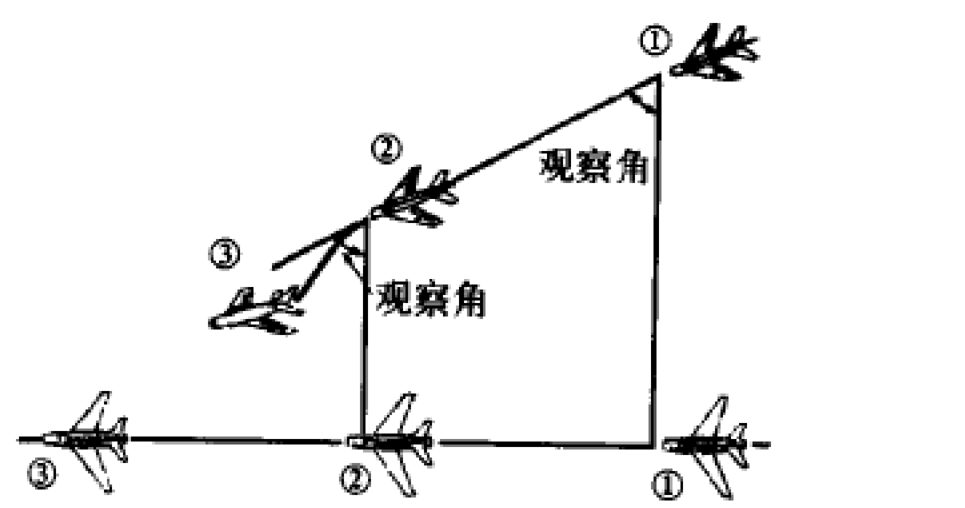


图3　相对直线接敌占位示意图

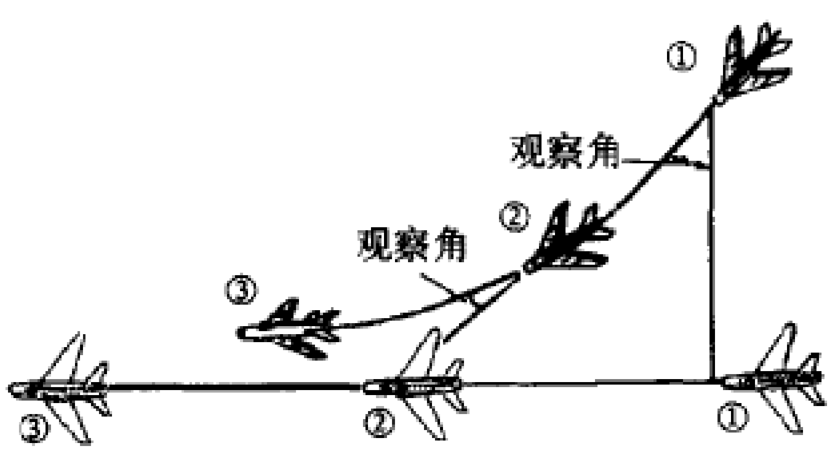


图4 相切直线接敌占位示意图

流层目标攻击时，亦可采用此法。

（严复初）

zuida sheji juli

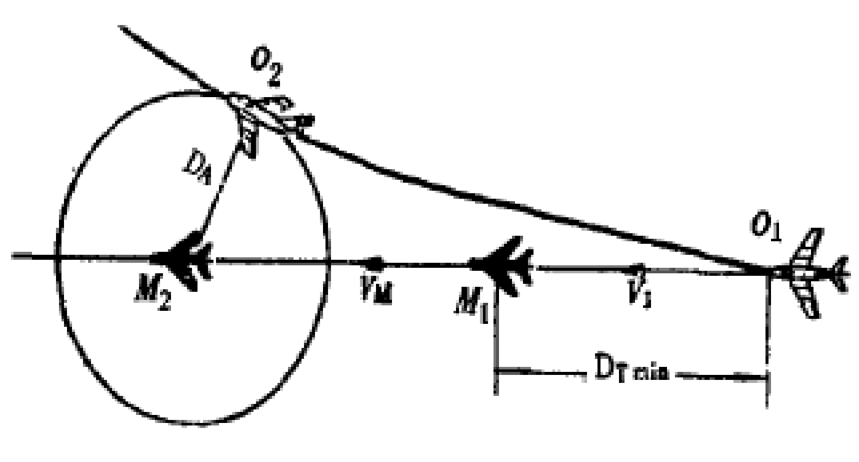
最大射击距离 (maximum firing distance) 实施攻击的飞机可以对目标进行射击的最大距离。使用航空机关炮、航空火箭弹与使用空空、空地导弹的最大射击距离不同。①使用航炮、航箭对目标攻击时，最大射击距离为武器有效射程与火控系统作用距离中的近者。通常航炮、航箭的有效射程大于火控系统的作用距离，所以火控系统的作用距离就是最大射击距离，一般不超过2 000米。②使用导弹对目标攻击时，最大射击距离为导弹有效射程与控制系统作用距离中的近者。导弹有效射程与导弹性能、高度、目标进入角、目标发动机工作状态和目标类型等有关。导弹性能高，有效射程远；发射高度高，空气阻力小，有效射程远；目标进入角大（尾后为0°，迎面 为180°），相对速度大，有效射程远；目标发动机工作状态高，红外线制导的导弹接收红外线辐射强，有效射程远；目标反射面大，雷达制导的导弹接收雷达回波强，有效射程远。

（严复初）

zuixiao anquan juli

最小安全距离 (minimum safe distance) 实施攻击的飞机在退出攻击过程中，为避免弹片或目标爆炸碎片击伤，与目标中心间必须保持的最小距离（见图）。如攻击机从目标正后方退出时，在退出过程中，由于攻击机的速度大于目标速度，攻击机虽向一侧机动，但仍将不断接近目标，到达O_2点离目标最近，此后攻击机离目标越来越远。退出攻击过程中，只要攻击机离目标的最近距离不小于最小安全距离，即可保证安全。最小安全距离根据武器威力，攻击机与目标的外形尺寸和退出攻击时可能产生的操纵动作延误等因素确定。使用航炮攻击时在昼间简单气象条件下攻击，最小安全距离约为100米，夜间和复杂气象条件下约为200米；使用导弹攻击时一般不小于200米。

（张云良）



退出攻击的安全距离和最小距离

zuixiao tuichu juli

最小退出距离 (minimum pull off distance) 实施攻击的飞机为避免与目标相撞，停止射击退出攻击时距目标的最小距离。最小退出距离由最小安全距离、飞机接近目标的相对纵向速度及退出攻击时的机动量等因素确定。从目标前半球攻击，最小退出距离以正前方为最大，进入角越小，最小退出距离也越小。从目标后半球退出攻击，最小退出距离以正后方为最小，进入角越大，最小退出距离越大。连接目标周围各个方向上等于最小退出距离的各点，可得到一条封闭的曲线，曲线内部称为可能相撞范围，曲线以外范围称为可能射击范围。训练时，最小退出距离主要根据速度差确定，最小退出距离（米数）不小于速度差数值（公里数）的两倍。

（张云良）

jixian zaihe quxian

极限载荷曲线 (limit load curve) 见载荷因数。

hangpao dandaoxue

航炮弹道学 (aerial gun ballistics) 研究航空机关炮发射的弹丸，从发射起点到终点的运动规律及伴随发生的有关现象的学科。弹道学的一个分支。其研究对象是以飞机为发射平台的身管武器。具有口径小（通常为20～30mm）、射程近（2 000米以内）、射角小（30°以下）和连续自动高速射击等特点。

简史 20世纪初，飞机的出现并开始应用于军事，为航炮弹道学的兴起创造了条件。在地炮弹道学的基础上，航炮弹道学开始产生。早期航炮弹道学是以膛口为界，分为航炮内弹道学和外弹道学两个分支。20年代以前，航炮内弹道学主要是应用几何定律和拉格朗日假设的经典理论和简单测试技术。20年代以后，开始应用气动力学原理描述内弹道过程，建立相应的数学模型，使非定常流的内弹道动力学理论逐步完善。在外弹道学方面，逐步建立了以飞机为发射平台的外弹道计算方法，侧偏修正理论，弹丸旋转飞行稳定理论及弹道测试技术。至50年代，随着电子技术和计算机技术的迅速发展，使弹道学的计算技术和测量技术进入了一个新阶段。随着武器性能的不断提高，逐渐发现起始段对整个射击过程，尤其是对压力波的安全性和内弹道的稳定性具有重大影响，从而成为弹道学研究的一个重要领域，并逐步从内弹道学中分离出来，形成起点弹道学。60年代，为利用火药燃气剩余能量减小后坐力，抑制管口气流产生的危害效应，对管口流场的形成发展规律，进行了系统的实验和研究，建立了相应的理论和规范。80年代，中间弹道学已成为独立的学科体系。同时为了进行弹药威力设计和武器效能评估，产生了终点弹道学。

现代航炮弹道学包括起点弹道学、内弹道学、中间弹道学、外弹道学、终点弹道学5个分支。

起点弹道学 研究航炮自激发到完成弹带挤进膛线及克服其他形式的弹丸起动阻力过程中，膛内发生的有关现象及其变化规律。主要研究内容包括：点火时燃气在药床中的流动规律和能量传动规律；压力波的形成、发展和控制，对射击安全性的评价，检测技术和检测标准；弹带挤进及克服各种阻力的过程及其与点火、燃烧的相互关系；各种装药元件和装药结构对弹道的影响等。弹道起始段的影响和制约因素复杂，具有较大的随机性。应用统计方法是起点弹道学研究方法的一大特色。

内弹道学 研究航炮发射过程中炮膛内弹丸运动规律及有关现象。主要研究内容包括：火药点火与燃烧过程的机理及规律；膛内火药燃气与固体药柱之

间的两相流动现象；弹带挤进膛线的受力变形现象，以及弹丸和航炮自身的运动现象；有关能量转换、输送的热力学，火药燃气与膛壁之间的热传导现象等。基本任务是：①内弹道计算。建立弹丸发射过程的质量、动量、能量及状态方程等，组成内弹道方程组。解出膛内温度、压力、弹丸速度随时间的变化规律，为改进武器设计指出方向。②内弹道设计。根据给定的口径，弹丸质量和初速等战术指标，通过对发射药种类、性能、形状和尺寸以及装药结构的选择和调整，找出最优的内弹道设计方案。③提高现有能源利用率，寻求和探索新的发射能源，达到弹道效率和示压效率的指标要求。

中间弹道学　研究航炮弹丸穿越管口流场时的受力情况、运动规律，以及伴随膛内火药燃气排出过程中发生的各种现象。主要研究内容包括：管口气动机理及管口流场物理模型；火药燃气对弹丸的后效作用及发射动力相关问题；火药燃气对武器的后效作用及管口装置设计理论；管口气动的环境效应及抑制原理。由于中间弹道学的研究对象是伴有燃烧化学反应的三维、多相非定场流场，作用时间极短，参数变化剧烈。因此，瞬态流场实验观测技术和多元非定常数值计算方法就成了它的重要研究手段。

外弹道学　研究从飞机上发射的弹丸在空中的运动规律及有关现象。它主要研究弹丸在空中运动的受力状态、弹丸质心运动和绕质心运动的规律及影响因素，以及外弹道实验等。基本任务是：①通过外弹道计算，求出任意时刻弹丸质心的空间坐标及速度矢量，编制弹道表，建立弹道数学模型，为航空火控系统弹道修正，武器弹药设计及合理使用武器提供依据；②根据武器弹药的战术技术要求和实际限制条件，进行外弹道设计，寻求满足射程、射击精度和威力等要求的武器弹药最优化设计方案。

终点弹道学　研究弹丸对目标的作用机理及毁伤效应。主要研究内容包括：动能弹丸对目标的碰撞和侵彻作用及运动规律；弹丸对目标的毁伤机理和战术效应；各种目标的毁伤准则和易毁性分析等。终点弹道学主要为弹药威力设计和武器效能评估服务，并可为目标的防护设计提供依据。　（张学诚）

kongzhongfashe huojiandan

空中发射火箭弹　(aerial rocket)　从飞机、直升机上发射以火箭发动机为动力的非制导弹药。用以攻击各类空中、地面或水上目标。与航空机关炮相比，航空火箭弹的射程远、威力大；与机载导弹相比，火箭弹装载数量多、成本低。但发射火箭弹命中目标的概率相对较低。火箭弹的射程一般为7～10千米，最大速度M数2～3。火箭弹按用途，可分为空空火箭弹、空地火箭弹和空空、空地两用火箭弹。空空火箭弹的弹径一般为50～70毫米，用于攻击速度低于750千米／时，相距1 000米左右的空中目标；空地火箭弹的弹径为70～300毫米，多用于攻击装甲车辆。空空、空地两用火箭弹的弹径为70～127毫米。大弹径的航空火箭弹，已被机载导弹所取代。航空火箭弹由火箭弹发射器发射，一架飞机一般可挂2～4个发射器，每个发射器装填7～32枚火箭弹。航空火箭弹与机载火力控制系统或瞄准设备、发射装置配套使用，亦可单发、连发和齐射发射。

机载火箭弹有多种发射器，如早期的机身腹部外伸式发射器、机头发射器、翼尖发射器及大型火箭的短轨式发射器等。现代战斗机采用的多为蜂巢式发射器。空中发射火箭弹多采用连发或齐射的发射方案，借以提高首攻命中率。火箭弹摧毁目标的能力，主要由其弹道计算、引爆时机和爆炸威力所决定。需合理的选择引信的起爆形式和时间，以提高航空火箭弹的射击精度。　（魏华民）

kong-kong daodan fashe

空空导弹发射　(air-to-air missile launch)　空空导弹按指令从启动发射程序到脱离载机的过程。可分为正常发射和应急发射两种。正常发射又称战术发射。正常发射成功是空空导弹有效摧毁目标的先决条件。应急发射，指在特殊情况下，载机为了卸载，而直接接通“应急发射电路”点燃空空导弹发动机的发射。应急发射后，空空导弹的制导系统不工作。为保密起见，此时非触发引信系统工作，导弹自毁。

发射程序　一般包括：预先给导弹供电、供气、预热、致冷和装定信号；导引头接收机调谐，检测导引头音响信号和导弹供电转换信号；构成允许发射条件后，按下发射按钮接通机上电源，将计算机诸元输入弹上仪器，控制系统发出点火指令启动导弹发动机，或发出导弹弹射系统指令，导弹飞离发射装置或从发射装置弹出。用雷达波束或激光束导引的导弹，在进入导弹波束后才能制导，往往把导弹飞抵导引点之前的这段飞行过程也计入发射过程。

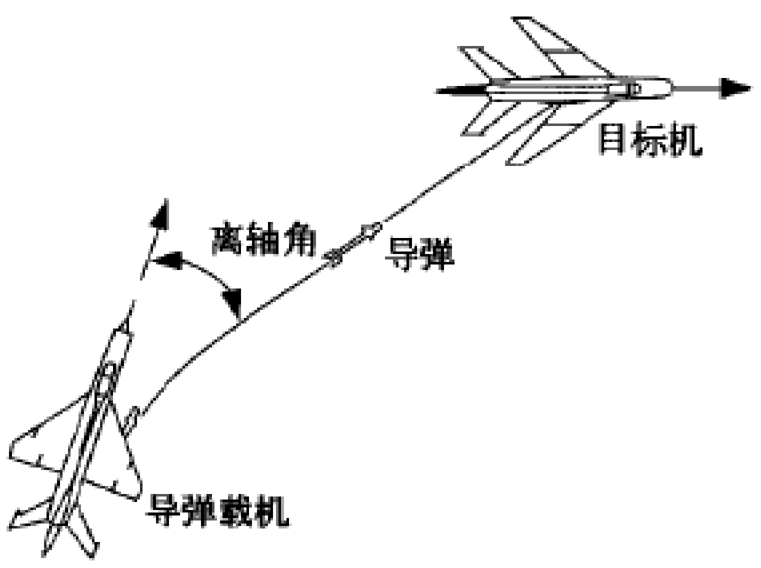
发射方式　按导弹脱离载机的方式，分为自力式发射、外力式发射和混合式发射3种。①自力式发射。空空导弹靠自身推力作用而离机的发射。发射时，导弹发动机处在与载机相对静止状态点火。这种发射包括：轨道式发射和支撑式发射两种。轨道式发射是空空导弹广泛采用的一种发射方式。导弹约束在导轨上随载机飞行，发射时由导轨控制导弹的离机速度和初始发射方向，减少发射散布，提高导弹的离机速度和载机的安全性。早期的空空导弹广泛采用此种发射方式。支撑式发射又称零长发射，发射时导弹开始运动瞬间便脱离载机的约束，只能确定导弹的起始飞行方向，不能有效地减弱载机流场对导弹飞行航迹的干扰。②外力式发射。指空空导弹靠外力作用而离机，并点燃发动机的发射。外力式发射时，导弹发动机处在与载机相对运动状态点火。外力式发射包括：弹射式发射和投放式发射两种。弹射式发射时，启动弹射发射装置，靠燃气或压缩空气的压力对导弹施加作用力将导弹推离载机，然后再点燃导弹发动机。这种发射可以避免导弹发动机燃气喷流引起载机发动机停车或构件腐蚀，并使导弹迅速摆脱载机流场对导弹飞行航迹的干扰，提高发射时的安全性。中、远程空空导弹大多采用弹射式发射。投放式发射时，导弹解除约束后，靠地球引力而离机的发射。③混合式发射。指靠自身推力和外力同时作用而离机的发射。

使用方式　按战术使用需求，空空导弹发射分为定轴发射、*离轴发射*和*全向发射*等。定轴发射时，导引头位标器纵轴锁住并与导弹弹体纵轴一致；离轴发射时，导引头位标器解锁，位标器纵轴偏离导弹弹体纵轴而指向目标；全向发射，即空空导弹能从被攻击目标的任何方向进行发射。此外，空空导弹越肩式发射也已研制问世，并在实战中运用。

（刘金凤）

lizhou fashe

离轴发射 (off-boresight launch) 空空导弹弹体纵轴偏离目标时的发射。是近距格斗空空导弹主要战术技术指标之一。包括前置发射和后置发射两种方式。前置发射是在导弹发射前，载机不按追踪方式跟踪目标，而是沿着导弹—目标碰撞航向飞行，载机向前置碰撞点瞄准，在瞄准过程中，弹体纵轴指向目标前方，导引头探测器纵轴指向目标。后置发射是在导弹发射前，载机向目标的后方瞄准，弹体纵轴指向目标后方，导引头探测器纵轴指向目标（见图）。在导弹发射前，可



空空导弹离轴后置发射示意图

通过导引头探测器扫描方式扩大视场，及早捕获、跟踪目标，增加发射机会；不需弹体纵轴在发射时每一瞬间都沿着瞄准线对准目标，可弥补载机机动性能的不足；可使同一载机上的不同导弹跟踪不同目标，为实现多目标攻击提供了条件。空空导弹的离轴发射有两种：一种是定轴捕获、离轴发射，在导弹发射前，先定轴截获目标，然后使探测器解锁，离轴跟踪目标，在离轴条件下发射导弹；另一种是离轴捕获、离轴发射，在导弹发射前，先使探测器解锁，扩大视场，在离轴条件下扫描、搜索、捕获、跟踪目标并发射导弹。

第一代空空导弹（1946～1956年）和第二代空空导弹（1957～1966年）通常采用定轴捕获、定轴发射。发射时要求飞行员按纯追踪方式操纵飞机，使弹体纵轴在每一瞬间都沿着瞄准线对准目标。由于战术使用的需要和技术的发展，第三代空空导弹（1967～1976年）和第四代空空导弹（1977年以后）都已具备离轴发射能力，最大离轴角达±60°。离轴发射要求空空导弹具有良好的机动性能、离轴截获和跟踪能力，并要求有相应的机载火控系统相配合。

上射／下射是离轴发射在垂直面内的体现。上射指向载机水平面上方的目标发射。下射指向载机水平面下方的目标发射。较先进的中、远程拦射导弹上射／下射高度差可达10千米，具有拦射全高度入侵目标的能力。

（刘金凤）

quanxiang fashe

全向发射 (omnidirectional launch) 空空导弹能从目标的任何方向对目标进行发射。见全向攻击。

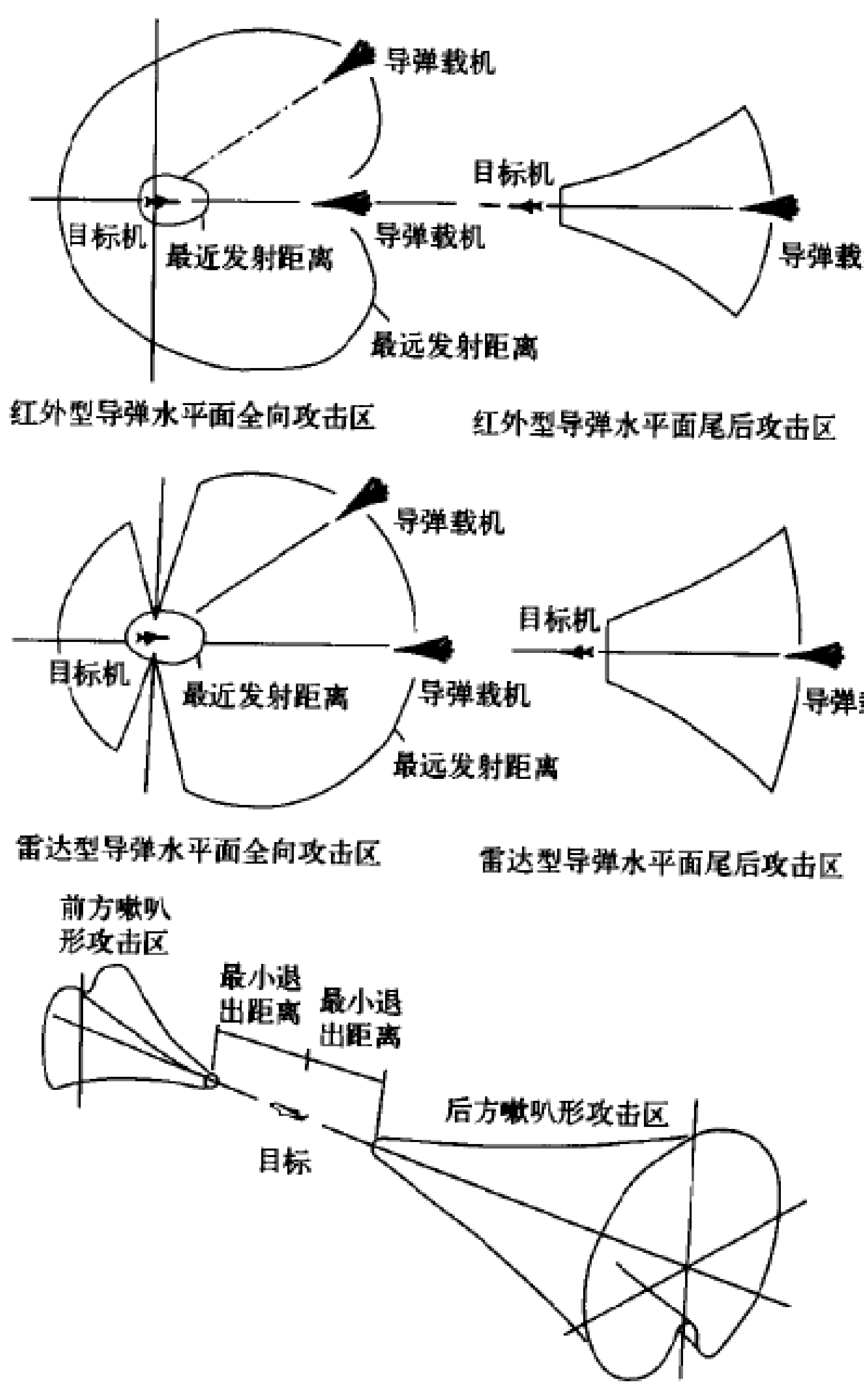
fashehou buguan

发射后不管 (fire and forget) 载机发射导弹后即可实施机动退出，无需继续跟踪照射目标、接收或发射任何信息来控制导弹。战术使用上，可使载机发射导弹后自由机动，大大减少载机暴露在对方火力范围内的时间，提高载机的生存能力。它要求载机制导武器采用自主式制导、主动或被动寻的制导系统或其组合系统。具有发射后不管能力的机载制导武器有：①采用被动式红外寻的制导系统的空空导弹。导弹利用目标本身辐射或散射的红外能量，确定目标的位置和运动特性，自动形成制导指令控制导弹飞向目标的制导技术。如美国的“超响尾蛇”AIM-9L。②采用电视寻的制导系统的空地（舰）导弹。由弹上能自动跟踪目标的电视摄像机直接取得目标信息来控制导弹飞向目标。发射前，飞行员可预先识别与选择目标。如美国的“幼畜”AGM-65A/B。③主动式雷达寻的制导空空导弹。导弹上自备有发射机，它向目标辐射某种物理能量波（例如无线电波），碰到目标后反射回来，被导弹上的接收装置接收，以此形成控制导弹跟踪目标的信息。如美国的“不死鸟”AIM-54A/C、俄罗斯联邦的“阿摩司”AA-9等。

（刘金凤）

kong-kong daodan kegongjiqu

空空导弹可攻击区 (air-to-air missile attack area) 在目标周围，发射空空导弹有可能命中目标的空间范围（见图）。可攻击区以目标为基准点，其大小和形状，取决于导弹的类型和主要技术性能、所采用的发射方式、空战高度、目标的雷达散射或红外辐射特性、目标的飞行和机动性能、机载火控系统的主要技术性能、载机的主要飞行和机动性能、最小退出距离和要求的击毁概率等多种因素。红外制导空空导弹和雷达制导空空导弹



空空导弹可攻击区示意图

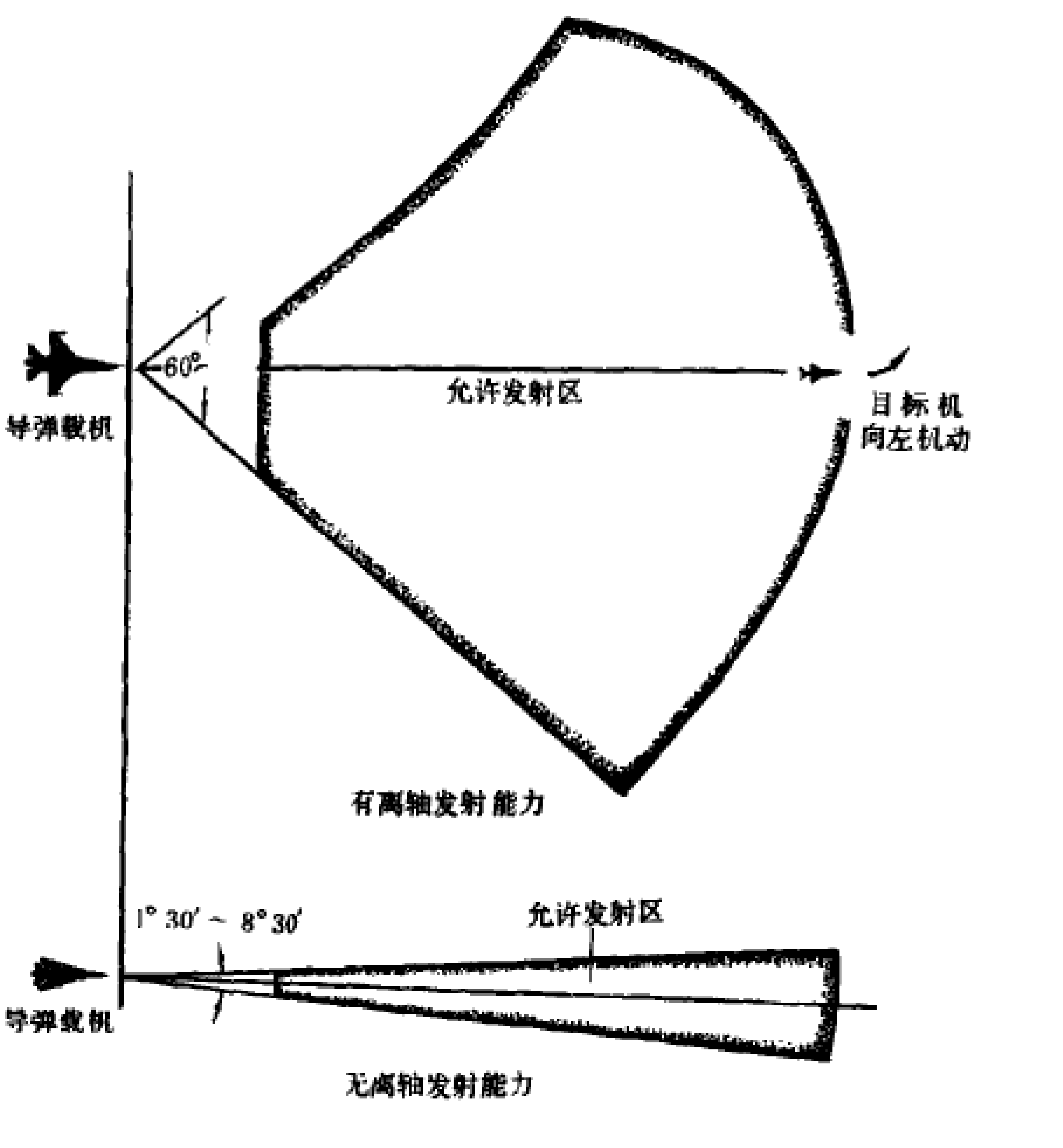
的可攻击区是不同的。早期红外制导空空导弹探测接收目标尾喷口的热辐射，可攻击区的角度范围为目标尾后约40°左右的锥形体。随着红外探测器件性能的提高，可攻击区的角度范围不断扩大，实现了探测接收目标气动加热的热辐射，就能达到对目标的全向发射。

（王洪波 刘金凤）

kong-kong daodan yunxu fashequ

空空导弹允许发射区 (air-to-air missile allowable launch envelope) 对应一定的毁伤目标概率，在载机前方允许发射空空导弹的空间范围。允许发射区以载机为基点（见图），其大小和形状，取决于导弹的类型和主要技术性能；目标的雷达散射或红外辐射特性，目标的飞行性能；机载火控系统的主要技术性能；载机的主要飞行性能、攻击方式和作战高度与最小退出距离和要求的击毁概率等因素。红外制导空空导弹与雷达制导空空导弹的允许发射包线是不同的。早期的红外制导空空导弹引头的位标器固定，其允许发射角度范围即为导引头的瞬时视场，约为1°30′～3°30′。20世纪60年代因实现了位标器自动扫描，范围扩大到8°30′左右。70年代以后，空空导弹大多具有离轴发射能力，有的可达±60°。随着红外探测器件性能和导弹机动性能的提高，可攻击的角度范围不断扩大到侧向和迎头方向，实现了对目标的全向攻击。

（李国英）



空空导弹允许发射区示意图

kong-kong daodan zhidao

空空导弹制导 (guidance of air-to-air missile) 控制和导引空空导弹按照一定的飞行路线，准确到达空中目标的过程。制导方式，通常按制导信息传输手段、制导信息来源、导弹飞行阶段进行分类，以及采用几种制导方式联合使用的复合制导。

按制导信息传输手段的制导方式 分为有线制导和无线制导。①有线制导。用导线将载机控制导弹飞行的指令传给导弹。1944年4月，德国研制的X-4型导弹，是世界上最早采用有线制导的空空导弹。该型导弹发射离机的同时点燃曳光管，飞行员根据导弹相对目标的偏差，发出电脉冲控制信号，通过载机与导弹连接的导线传输给导弹，控制导弹飞向目标。这种制导抗干扰能力强，但导弹的射程、飞行速度和使用场合都受到限制，现只用于反坦克导弹。②无线制导。利用无线电波获得制导信息，控制导弹按一定导引规律飞向目标。这种制导受气象条件影响小，但抗无线电干扰能力差。

按制导信息来源的制导方式 分为自主制导、遥控制导和寻的制导。①自主制导。导弹完全依靠自身的制导设备产生控制信号，在整个飞行过程中不需要从目标或载机接收信息，独自将导弹导向目标。包括惯性制导和程序制导。②遥控制导。载机和导弹分别安装遥控制导设备，由载机制导设备测定目标和导弹的相对位置，形成控制信号并发送给导弹，控制导弹飞向目标。包括有线传输指令的目视制导、波束制导、无线电指令制导和电视制导等。③寻的制导。由装在导弹导引头上的接收器感受目标辐射或散射的能量，自动形成制导指令控制导弹飞向目标。亦称自动导引。导引头感受目标辐射或散射的能量有多种形式，如红外线、无线电波、激光和可见光等。根据目标辐射或散射电磁波能量的来源，寻的制导分为主动寻的、半主动寻的和被动寻的3种类型。主动寻的制导，一般采用无线电制导，由导弹上导引头发出照射目标的电磁波，并感受目标反射回来的电磁波，发射后自动跟踪和飞向目标，具有发射后不管能力；半主动寻的制导，一般采用无线电制导或激光制导，由导弹外部的照射源发出照射目标的能量，导弹导引头接收从目标反射回来的能量，借以导引导弹飞向目标；被动寻的制导，一般采用红外导引头或无线电导引头，也有采用电视导引头或利用可见光跟踪目标，没有专用的照射源，由弹上导引头感受目标本身辐射或散射的能量，借以导引导弹飞向目标，也具有发射后不管的特点。

按导弹飞行阶段的制导方式 分为初制导、中制导和末制导。初制导，亦称发射制导、主动段制导，即导弹由发射到进入正常轨道段进行的制导。中制导，亦称中途制导，即导弹由进入正常轨道到弹道末段前进行的制导。末制导，亦称末端制导，即导弹在飞行末段的制导。

复合制导 是采用两种以上制导方式的制导。它可以综合利用几种制导方法的优点，弥补缺点，提高制导精度。常用的复合制导有以下几种：自主制导加主动寻的制导，如美国的AIM—120A中距空空导弹；自主制导加遥控制导，如法国的“米卡”拦截和格斗导弹，采用雷达寻和红外寻导引头可以互换使用，兼顾中距、远距拦截和近距格斗的双重任务；自主制导加遥控制导加主动寻的制导，用于攻击远距离活动目标，导弹在初始飞行阶段采用自主制导，中段飞行阶段采用遥控制导，当导弹离载机较远而接近目标时则转用主动寻的制导。

简史和展望 早期的空空导弹主要

为雷达波束制导、红外被动制导。设备比较简单，只能尾追攻击机动性很小的轰炸机一类目标。到20世纪60年代中期，主要有红外被动寻的和雷达半主动寻的制导。红外被动寻的制导使用了探测器致冷技术，能从尾后攻击作机动飞行的目标，扩大了攻击范围。雷达半主动寻的制导多采用连续波体制，能中距拦截和全天候使用。60年代中期以后，除继续研制中距拦截导弹外，开始研制近距格斗与远距拦截导弹。中距拦截导弹仍采用雷达半主动寻的制导，但改用脉冲多普勒和单脉冲体制，具有下视下射能力。近距格斗导弹基本是红外被动寻的制导，多采用中红外波段的探测器，可以全向攻击。远距拦截导弹，采用半主动脉冲多普勒雷达加主动雷达复合制导，如美国的“不死鸟”AIM-54A/C。未来空空导弹制导的发展，主要反映在导引头的改进上，将致力于研制新一代高精度元件、组件和各类探测器，发展光纤数据传输等技术，提高计算机信号处理和数据处理能力。重点研制集各种制导方式优点为一体的复合制导，朝多元探测和矢量控制方向，提高电子对抗、全天候连续作战、隐蔽作战或间接瞄准发射、远距离投掷、对付稠密多目标和假目标的能力方向，以及发射后不管和智能化、小型化、标准化方向发展。

（刘金凤）

kong-di daodan fashe

空地导弹发射 (air-to-surface missile launch) *空地导弹*按指令从启动发射程序到脱离载机的过程。可分为正常发射和应急发射。正常发射又称战术发射。发射程序和发射方式与*空空导弹发射*相同。为了克服发射时导弹发动机的燃气喷流引起载机发动机空中停车和构件腐蚀，使导弹发射后能迅速摆脱载机干扰流场的影响，空地导弹大多采用外力式发射，即弹射式发射和投放式发射。如：美国的AGM-84，载机起飞后，接通电源，对导弹的导引头、中段制导装置和电池组等系统进行自检测，使其处于准备状态。选定要发射的导弹后，向该导弹供电，使弹上陀螺启动，并向导弹提供姿态数据。目标和载机的数据由机载中央计算机或同步机自动输入，或通过机载指令控制板手动输入机载处理计算机，计算出导弹发射包线、确定攻击边界。当发射条件正确时，提供进入射程的显示。在选定好攻击方式后，计算出有关攻击目标和导引头的瞄准数据，并将其输入到选定的导弹内。数据输入完毕，“准备”信号灯亮，即可按发射按钮，将该导弹弹射并发射出去。导弹可低、中、高空发射。若在1 500米以下的高度、低速发射时，发射前使导弹的发动机启动工作。若在1 500米以上的高度发射时，使导弹的发动机在发射后下降到一定高度才启动工作。

（李国英）

kong-di daodan zhidao

空地导弹制导 (guidance of-air-to surface missile) 控制和导引*空地导弹*按照一定的飞行路线，准确到达地面目标的过程。制导系统由导引系统和控制系统组成。导引系统包括探测设备和计算变换设备，功能是测量导弹与目标相对位置和速度，计算出实际飞行弹道与理论弹道的偏差，给出消除偏差的指令。控制系统由敏感设备、综合设备、放大变换装置和执行机构（伺服机构）组成。功能是根据导引系统给出的制导指令和空地导弹的姿态参数形成综合控制信号，再由执行机构调整控制导弹的运动和姿态直至其命中目标。导引系统既可全部安装在弹上，亦可分别安装在弹上及弹外制导站（地面、舰船、飞机甚至卫星）上。控制系统则必须安装在弹上。按其工作原理，可分为*寻的制导*、*遥控制导*、自主制导和*复合制导*。

寻的制导 又称自寻的制导。是通过弹上的导引系统（导引头或寻的器）感受目标辐射或反射能量，导引制导武器飞向目标。按弹上安装的导引系统，可分为主动寻的制导（弹上装有能量发射装置和接收装置）、半主动寻的制导（弹上装有能量接收装置，照射源在弹外载机上）和被动寻的制导（不使用照射源，弹上只装有接收目标本身辐射能量的接收装置）等。按弹上安装的导引系统及导引头（寻的器）感受的能量（波长），又可分为主动雷达寻的制导、半主动雷达寻的制导、被动雷达寻的制导、主动毫米波寻的制导、半主动毫米波寻的制导、被动毫米波寻的制导、主动激光寻的制导、半主动激光寻的制导、电视寻的制导（遥控）、红外寻的制导（被动）和水声寻的制导（被动）等。其中，雷达寻的制导、红外寻的制导、毫米波寻的制导和激光寻的制导在空地导弹寻的制导中较为常用。在复合制导的空地导弹中，寻的制导常用作末段制导。

雷达寻的制导，弹上导引头接收来自目标的雷达信号，从而捕获、跟踪、定位并摧毁目标。分主动、半主动和被动3种制导方式。弹上导引头发射的信号经目标反射回来后，又被导引头接收，并控制导弹飞向目标，这种方式称为主动雷达寻的制导。当飞机上的雷达照射目标，弹上导引头接收经目标反射回来的能量时，称为半主动雷达寻的制导。当弹上的导引头直接接收目标辐射的雷达信号时，称为被动雷达寻的制导。

红外寻的制导，利用目标红外辐射获得制导信息的制导方式。按对目标的成像不同，可分为红外像点制导（多用于空空导弹）和红外成像制导。红外成像制导是利用红外探测器探测目标及背景的“热”图像，并对目标图像进行跟踪，引导导弹攻击目标。它具有灵敏度高、探测距离远、抗干扰能力和*发射后不管*的优点。红外成像制导有多元红外探测器线扫成像制导（光机扫描）和多元红外探测器面阵凝视成像制导。

毫米波寻的制导，利用弹载的高灵敏度毫米波辐射计测量目标与背景的毫米波辐射能量差异，再由计算机完成两者的对比识别，给出制导指令。根据能量照射装置与接收装置的位置和作用方式的不同有主动、半主动和被动之分。毫米波寻的制导系统体积小、重量轻，全天候工作能力比电视寻的和红外寻的制导系统更强，精度和抗干扰能力比微波寻的系统高，但作用距离较短。

激光寻的制导，利用激光获得制导信息使导弹按一定导引规律导向目标。其制导原理与雷达寻的制导相似。根据能量照射装置与接收装置的位置和作用方式的不同有主动和半主动之分。激光方向性强、单色性好、高相干光强，因而跟踪精度高、抗干扰能力强。但激光易被云、雾、雨吸收，使全天候使用受到限制。半主动激光寻的制导技术多应用于机载反坦克导弹，如美国的“海尔法”AGM-114系列机载反坦克导弹、“幼畜”AGM-65C空地导弹，俄罗斯联邦的9M120、

9M120M机载反坦克导弹，法国的AS30L空地导弹等。

遥控制导　导引系统的全部或部分设备安装在弹外制导站（多为载机上），由制导站执行全部或部分的测量导弹与目标的相对运动参量并形成制导指令，再通过弹上控制系统导引制导武器飞向目标。按指令传输方式和手段，可分为指令制导和波束制导（驾束制导）。指令制导主要有有线指令制导、无线电指令制导和电视指令制导等。波束制导主要包括雷达波束制导和激光驾束制导。

有线指令制导，利用导线传输指令控制和导引导弹飞向目标。多用于机载反坦克。早期多利用金属导线传输指令，近几年已利用光纤（光导纤维、光缆）传输指令。优点是保密性好、抗干扰能力强、作战灵活、易于操作等。缺点是飞行速度不能过高，不能拦截高速运动目标。美国的“陶”式（BGM-71）系列机载反坦克导弹，法国的“霍特”1、“霍特”2、“霍特”2T机载反坦克导弹等，采用的是这种制导方式。

无线电指令制导和电视指令制导，利用电视摄像机作为制导系统的敏感元件，获取目标图像信息，通过无线电（数据链）发送给载机。飞行员观察和监视图像显示屏上的目标图像，使目标图像保持在显示屏中央，当导弹偏离目标时，通过无线电指令控制导弹，直至命中目标。电视指令指导受气象条件限制较大，只能在能见度较好的白天使用，不能全天候使用。美国的“秃鹰”AGM-54A和“幼畜”AGM-65A/B空地导弹，俄联邦的Kh-59、Kh-59M空地导弹及英法合作研制的“玛特尔”AJ168空舰导弹等，采用的是这种制导方式。

自主制导　导弹完全依靠装在弹上的制导设备，在制导过程中，既不与制导站（地面或飞机上）、也不与目标传递任何信息，而独自导向目标的制导方式。自主制导包括惯性制导、天文制导、相关制导和全球定位系统（GPS）制导。相关制导主要包括地形图匹配制导、数字式景象匹配区域相关制导和程序制导。自主制导常用作空地导弹的初段和中段制导。

复合制导　一种导弹采用两种或两种以上的制导方式。根据组合方式不同，可分为串联复合制导和并联复合制导。复合制导精度高，主要用于战略空地导弹和射程较远的空地导弹。复合制导的方式很多，例如，惯性加末段雷达制导、惯性加末段光学制导、惯性加地形匹配制导等。

未来空地导弹的研制，主要朝着增强防区外发射能力，提高全天候作战能力、抗干扰能力、制导精度和“发射后不管”能力方向发展。具体到空地导弹的制导系统，中间段制导将主要采用INS/GPS组合制导，末段寻的制导技术上将采用主动雷达寻的制导技术、主动激光寻的制导技术、毫米波红外双模寻的制导技术、双色红外寻的制导等技术，进一步提高空地导弹的作战能力。

（李国英）

kong-kong daodan fashe lilun

空空导弹发射理论　(launch theory of air-to-air missile)　研究空空导弹发射方式、发射控制、发射动力、发射区和发射安全等方面的理论。是空空导弹工程设计的基础和机载武器系统设计的重要依据。空空导弹按指令从启动发射程序到脱离载机的全过程称为空空导弹发射。发射程序包括：预先给导弹供电、供气、预热、致冷和装定信号；导引头接收机调谐，检测导引头音响信号和导弹供电转换信号；构成允许发射条件后，按发射按钮。

发射方式　指发射时，使空空导弹脱离载机约束力的作用方式。确定发射方式的基本要求：导弹发射离机后，其初始弹道要保障载机安全和满足导弹制导系统所规定的发射精度要求；导弹装机应减小对载机飞行性能的影响，达到理想的机弹相容性。按导弹脱离载机的方式，分为自力式发射和外力式发射。①自力式发射。即导弹靠自身发动机（或助推器）的推力作用而脱离载机的发射。发射时，导弹发动机处在与载机相对静止的状态点火。其方式包括导轨式发射和支撑式发射。导轨式发射时，导弹的初始运动受到一定长度导轨的约束和引导，能够减少载机流场对导弹发射初始阶段弹道的影响，获得沿导轨指向的航向，提高导弹离机速度和载机的安全性；支撑式发射，又称零长度发射，发射时导弹开始运动瞬间脱离载机的约束，只能确定导弹的起始飞行方向，不能有效地减弱载机流场对导弹飞行航向的干扰。②外力式发射。指空空导弹靠外力作用而离机并点燃发动机的发射。发射时，导弹发动机处在与载机相对运动状态点火。其方式包括弹射式发射和投放式发射。弹射式发射时，靠弹射装置产生的弹射力，将导弹迅速推离载机，待下落到预定距离，导弹发动机点火，完成发射过程。弹射式发射可减小导弹发动机燃气喷流对载机的影响，并使导弹迅速脱离载机流场的影响，提高发射时的安全性。投放式发射时，导弹解除约束后靠自身重力作用脱离载机，经过一定的延迟时间，导弹发动机点火，完成发射过程。弹射式发射是目前中、远距空空导弹的主要的发射方式。弹射发射装置便于载机对导弹“半埋”式或“全埋”式装挂，实施“共形运载”的飞机导弹系统，以获得最佳机弹相容性效果，利于载机隐身和装备更多类型或数量的导弹，提高飞机综合作战能力，适应现代空战要求。但弹射发射装置的结构与工作方式较导轨式发射装置复杂。

发射动力　包括导轨式发射和弹射式发射两种。导轨式发射是：通过轨上运动方程求解出导弹滑离速度、时间和导轨的滑离长度。弹射式发射是：通过建立、求解运动学方程和动力学方程得出理想的导弹弹射分离初始弹道；通过建立和求解方程，求得弹射行程末端的初始弹道参数，再经多次估算调整、验证，最终求得效果最佳的弹射参数；为使导弹迅速脱离载机干扰流场，或避免导弹发动机尾喷流对载机的影响，采取提高弹射分离速度措施，即提高弹射发射装置的弹射力。

发射区　包括理论发射区和实际发射区。根据空空导弹性能参数，按照导弹动力学方程组、导弹和目标运动学方程组以及导弹控制规律等因素进行离线仿真计算得到的导弹发射区，称为理论发射区。在火控系统中将采取简化的导弹数学模型计算的发射区，称为实际发射区。实际发射区和理论发射区之间差异很小，在它们共同发射区内导弹发射成功概率接近90%。

允许发射偏差　指空空导弹发射时，发射载机的航向与应飞航向允许的偏差。亦称允许操纵误差。导弹允许发射偏差需要在发射区计算的基础上，通过数字仿真计算确定。在所计算的每一发射点上，改变作为发射初始条件的飞行

航向，直到在某一实际航向上发射的导弹不能命中目标为止。在应飞航向的周围任一方向上的计算所得的最大发射偏差是不等的，取其中的最小值即为允许发射偏差。

发射时的载机安全分析 影响安全的因素包括导弹—发射装置—载机组合所形成的干扰流场，在导弹上可能引起有害的气动力（如较大的侧力和滚动力矩），导致导弹在脱离瞬间与载机发生相撞等。这种干扰流场影响的性质和程度与载机外形、导弹外形、导弹在载机上的悬挂方式和位置、导弹与载机的分离方式、导弹投放的顺序和时间间隔等因素有关。对已定型的载机选用已定型的导弹时，需分析干扰流场是否危及载机安全，并应采取相应措施，如限制悬挂弹型或限制载机发射条件。安全分析工作的基础是导弹分离的气动特性和轨迹特性。研究方法是在风洞中进行可控轨迹试验（CTC技术），也可对分离过程建立数学模型，通过大容量计算机进行分离特性计算分析，或者通过导弹挂飞、投放和发射试验对分离特性进行实测。（史小锥）

kong-kong daodan dandaoxue

空空导弹弹道学 (air-to-air missile ballistics) 研究空空导弹飞行过程中质心运动规律的学科。是研究空空导弹弹道性能和进行导弹设计的理论基础。是在外弹道学与飞机飞行力学的基础上建立与发展起来的。涉及理论力学、空气动力学、飞行力学、地球物理学、自动控制理论、制导系统理论、计算机技术等广泛的知识领域。

研究内容 ①坐标系的建立与受力分析。描述导弹运动及其受力情况的坐标系，通常有地面坐标系、弹体坐标系、速度坐标系和弹道坐标系等。根据导弹本身特点及其飞行环境，确定作用在导弹上的力和力矩（地球引力、发动机推力及力矩、空气动力和力矩、控制力及力矩等）。②导引规律的运动学分析。研究各种导引方法在导弹接近目标的过程中应满足的运动学关系。包括三点法、追踪法、比例法、前置法等经典导引规律，以及线性最优、自适应、微分对策等现代导引规律。③弹道计算。建立包括精确的和简化的、空间的和平面的、有控的和无控的、绝对运动和相对运动的等各类描述导弹运动的微分方程组，在给定参数的初始条件后，用分析方法或计算机数值解法求得精确解或反映导弹运动本质的近似解。④弹道设计。运用优化理论研究最优飞行弹道。在给定约束条件下，将导弹总体参数的优化设计、导引规律的优化设计和综合考虑影响导弹运动的多种因素进行的空气动力—弹道—控制系统的一体化设计等问题相结合，建立飞行性能优化（最优或次优）的数学模型，并研究其解法。⑤发射与分离动力学。研究机弹分离和初始弹道的计算。⑥干扰弹道的分析与计算。研究导弹飞行过程中的各种干扰对飞行性能的影响。⑦飞行试验与结果分析。根据飞行试验的目的选择导弹的飞行试验弹道。对飞行试验中获得的测量信息进行参数识别，通过实时处理，实施飞行试验的安全控制。通过研后处理，鉴定导弹的飞行性能。⑧弹道仿真。利用计算机进行弹道全数字仿真和半实物仿真，以获得大量在靶场中难以实现的边界条件或在较复杂条件下飞行试验的弹道数据。在参数辨识和模型验证的基础上完成导弹弹道的重构。⑨编制导弹的战斗使用文件。在精确弹道计算和飞行试验的基础上确定导弹的发射包线和杀伤区等。

研究目的 主要是建立导弹的飞行速度、高度、射程、弹道形状、过载、导弹与载机和导弹与目标的相对运动关系等飞行性能与影响导弹质心运动的各种因素之间的数量关系。在满足空空导弹战术技术要求的条件下，尽可能使弹道平直，需用载荷小，使导弹具有更强的机动能力和命中精度。影响导弹质心运动的因素，主要包括导弹的重量、有效载荷、发动机推力、燃料消耗，气动外形与几何尺寸等导弹设计参数；空气密度、压力、风、地球引力场、载机与导弹流场干扰等飞行环境因素；导弹的制导方式、导引规律、推力矢量的运用以及制导与控制系统所选用的参数等。该学科还要解决空空导弹武器系统在设计、研制、仿真与飞行试验、部队训练与战斗运用等方面提出的实际课题。

研究方法 空空导弹是一种有控的无人驾驶飞行器，在自动控制系统作用下，遵循一定的约束关系飞向目标。导弹运动可分为质心运动和绕质心转动两种相互关联的运动。运动中的导弹是存在形变与质量变化的，其运动比理想的刚体运动复杂得多。研究中，可根据经典力学的普遍规律，结合导弹的运动特点列出导弹运动方程组。包括导弹的动力学和运动学微分方程、质量时变方程、理想控制关系方程、坐标系间几何关系方程等。为了研究导弹的本质特征，通常暂不考虑次要因素（如弹体结构变形等），认为导弹控制系统处于理想状态（控制系统无滞后，舵面偏转瞬间到位），采用瞬时平衡假设（舵面偏转前后的任一瞬间，导弹作用力矩平衡）。这样，就可以将质心运动和绕质心转动分开研究，将导弹质心运动看作可控质点的运动。研究绕质心转动规律的学科称为导弹姿态动力学。（陈义平）

kong-di daodan fashe lilun

空地导弹发射理论 (launch theory of air-to-surface missile) 见空空导弹发射理论。

kongdi daodan dandaoxue

空地导弹弹道学 (air-to-ground missile ballistics) 见空空导弹弹道学。

航空侦察技术

hangkong zhencha jishu

航空侦察技术 (aerial reconnaissance technology) 应用于航空器上的侦察技术以及对其侦察结果进行处理和应用的手段与方法。是军事侦察技术的组成部分。具有综合性强、专业多、知识密集等特点。侦察飞行员及地面相关人员是掌握航空侦察技术的主体。

简史 航空侦察技术起源于1794年，以气球和飞艇为侦察平台，人工目视观察是当时唯一的侦察手段。航空侦察技术主要体现在对气球和飞艇飘行高度、距离以及稳定性的控制上。1911年开始使用飞机进行航空侦察活动。第二次世界大战初期，英国首先在飞机上安装照相机用于侦察，侦察手段由人工目视发展到使用照相设备。二战期间，各参战国大量使用飞机进行航空照相侦察，照相

设备以可见光技术为主。二战后期，开始在飞机上装载和使用电子侦察设备。50年代末期，研制出专门用于军事侦察的飞机和红外线行扫仪、合成孔径成像雷达等航空侦察设备。60年代开始，航空侦察采用了实时传输技术，拥有可见光、红外、微波和电子侦察等多种侦察手段，侦察飞机的数量、种类和性能得到快速发展。如美国的U－2侦察机，所载胶卷可记录长3 540公里、宽200公里的地幅；SR－71A侦察机飞行速度达到3倍音速，每小时可拍摄15万平方公里；RC－135电子侦察机雷达探测距离达到370公里。现代侦察平台不但具有较强的突防、生存能力，而且具有远距离、全天时和全天候侦察能力。

主要内容 航空侦察技术集中体现在侦察设备的技术性和使用管理的技术性两个方面。包括侦察装备、侦察保障装备、侦察装备使用技术和侦察装备维修技术。

侦察装备 主要包括侦察平台、侦察设备和地面处理设备等。①侦察平台。常用的有气球、飞艇和飞机等。侦察平台的技术性体现在平台的飞行性能、突防性能、隐身性能、可靠性、经济性和适用性等方面，是航空侦察能力的重要组成部分。气球侦察平台通常采用自由气球和系留气球，由球体、无线电遥控设备、侦察设备吊舱和保温装置组成，气囊采用质轻、透明、坚韧、耐寒的材料，使气球飘行具有可靠性和球体的隐身性。飞艇侦察平台由艇体、动力推进装置、尾翼、操纵系统和侦察设备吊舱组成，艇体采用玻璃纤维、钛合金等材料。飞机侦察平台分为有人驾驶侦察飞机和无人驾驶侦察飞机两种。有人驾驶侦察飞机的基本组成和使用原理与其他普通型飞机相同，分为专用型侦察飞机和改装型侦察飞机。专用型侦察飞机是专为侦察设计和制造的，如美国的U－2、SR－71型侦察机。改装型侦察飞机是由作战飞机或运输机改装而成的，如美国的RC－135侦察机，俄罗斯联邦的米格－25P、苏－24MP侦察机等。无人驾驶侦察飞机是由遥控设备或自备程序控制装置操纵的不载人飞机，基本组成和使用原理与普通型无人驾驶飞机相同，如美国的“全球鹰”、“捕食者”。②侦察设备。包括可见光成像设备、红外成像设备、微波成像设备和航空电子侦察设备等。侦察设备的技术性主要体现在成像设备的探测距离、探测方式、探测范围、分辨率和自动化程度等方面。包括曝光量自动控制、自动调焦、像移补偿、数据注释、信息传递方式等。常用的可见光成像设备主要有画幅式相机和全景式相机，是昼间简单气象条件下获取目标图像的主要手段。随着光电领域新技术不断用于可见光相机，使现代可见光航空相机具有胶片成像和光电成像两种功能，通过自身含有的光电转换器将目标图像转换成数字信号，再经过数据传输设备传递到地面，缩短了情报传递时间。红外成像设备主要是红外线行扫仪，采取被动式工作方式，由光学扫描、红外探测、信号放大和处理、显示记录等系统组成。微波成像设备主要是合成孔径侧视成像雷达，由天线、发射机、接收机、调制器、记录器、控制装置及电源等组成。航空电子侦察设备通常分为雷达侦察设备和通信侦察设备。③地面处理设备。主要包括光化处理设备、数字处理设备、图像判读设备和情报整编设备等。常用的光化处理设备主要是自动冲洗机、扩印机和放大机等。数字处理设备主要是指计算机设备、输入输出设备和图像显示设备等。图像判读设备主要有放大镜、立体镜、透光桌和综合判读仪等。情报整编设备主要有电子计算机、图像打印机、复印机、传真机、刻录机等。

侦察保障装备 用于保障航空侦察作战、训练的装备和设施。除水、电、油、气等通用保障设备和设施外，还包括侦察设备综合测试仪器、专用工具、专用车辆、专用工作房等保障设备和设施。

侦察装备使用技术 主要有侦察指挥技术、侦察飞行技术、侦察设备操控技术、图像处理技术、图像判读技术和情报整编技术等。侦察指挥技术包括地面指挥和空中指挥两个方面，目的是确保侦察行动顺利实施；侦察飞行技术包括飞行人员操纵航空侦察平台的技术、战术技能；侦察设备操控技术包括侦察设备操作技术和侦察设备战术运用技术；图像处理技术包括运用光化图像处理设备技术和数字图像处理设备技术，将获取的各种信息形成影像；图像判读技术包括使用航空图像判读设备技术和判定目标属性技术；情报整编技术包括使用情报整编设备技术，以及最终提供书面文字图像情报和电子图像情报。

侦察装备维修技术 包括对侦察装备的维护保养、修理、延寿、封存等。通常采用硬件维修和软件维修相结合的方法进行。硬件维修是对组成设备的实体组件、零部件及电路进行检测、调试、换件和修理。软件维修是通过人工智能等计算机软件，分析判断设备出现的故障，并根据设备使用时间、频率、环境等，预测设备故障概率，提供排除方案和方法。发达国家的侦察装备维修，除简单的预防和排除故障外，还可对侦察装备全寿命过程实施监督和控制。侦察装备的可靠性与维护性，是侦察装备设计和使用的重要指标之一。

展望 随着高新技术的不断发展，高精度、高分辨率、实时、全天时、全天候、远距离、多手段的航空侦察装备将是未来航空侦察技术发展的主要方向。未来的航空侦察技术将进一步向信息化、综合化、通用化和智能化方向发展；侦察平台将向隐身化、侦察打击一体化和无人驾驶飞机小型化方向发展；机载侦察设备将继续追求系统的通用性和配套性，同时大力发展实时侦察设备；人工智能技术将是未来航空侦察地面处理应用系统的发展方向。（王 军）

hangkong zhencha shebei

航空侦察设备 (aerial reconnaissance equipment) 安装在航空器上用于获取情报的精密仪器。分为航空成像侦察设备、航空电子侦察设备。

航空成像侦察设备 是光—机—电一体化设备。结构紧凑，自动化程度高，须由经过专门训练的专业技术人员使用和维护。按光谱段分为可见光成像侦察设备、红外线成像侦察设备和微波成像侦察设备。

可见光成像侦察设备 亦称可见光照相机，在0.4～0.7微米波长的可见光波段上，用胶片或其他介质记录目标影像。按结构特点，分为画幅式、全景式和雷达荧光屏成像侦察设备等；按成像波段，分为全波段和多波段成像侦察设备；按记录介质，分为胶片型和光电型成像侦察设备；按焦距的长短，分为短焦距、中焦距和长焦距成像侦察设备。①画幅式成像侦察设备。包括本体、操纵器、

座架和电缆。本体一般由机身、镜头、记录介质等3部分组成；操纵器用于操纵、控制成像侦察设备的工作；座架是成像侦察设备的承载装置，供空间定向并起减振作用。按照成像侦察设备光轴的安装方向，分为垂直式和倾斜式座架。垂直式座架又分为固定座架与活动座架两种，活动座架又分为摇摆座架和陀螺稳定座架。陀螺稳定座架，能使成像侦察设备光轴保持在规定状态，其精度在30′以内。摇摆座架可保障成像侦察设备在一条航路上同时拍摄航路左右的目标影像。画幅式成像侦察设备的特性是：结构简单；使用、维修方便；动态分辨率高；所获图像能正确、直观地反映目标的位置、性质、数量等情报；只有在光照条件较好时，才能进行航空成像侦察。②全景式成像侦察设备。运用镜头视场中心具有较高分辨率部分，在垂直于飞机航迹方向上采用扫描成像方式获取目标图像。常用于普查侦察。特点是侦察范围广（航线两侧达180°）、侦察效率高，是相同焦距画幅式成像侦察设备的几倍。但影像畸变大、分辨率较低、结构比较复杂。③夜间成像侦察设备。是利用人造光源（照明弹或闪光灯）照明进行成像侦察的设备。由于使用这种成像侦察设备进行侦察容易暴露侦察企图，而且图像质量差、动态分辨率低，已被淘汰。④雷达荧光屏成像侦察设备。专用于拍摄雷达荧光屏图像的设备。当飞行人员在飞行时发现雷达荧光屏上出现较重要的目标时，可即时将其拍摄下来。

红外线成像侦察设备　用于接收地面景物自身反射或辐射的红外线，用胶片或其他介质记录目标影像。按成像波段，可分为近红外（0.71～1.15微米）成像侦察设备、中红外（3～5微米）成像侦察设备和远红外（8～14微米）成像侦察设备。①近红外成像侦察设备。利用可见光画幅式成像侦察设备加上专用滤光片（或调整焦距）构成。执行侦察任务时，在胶卷盒内装上专门感受近红外波段的胶片，即可进行近红外成像侦察。②中、远红外成像侦察设备。亦称红外线行扫仪、热红外扫描相机。利用红外探测器接收目标物体自身辐射的中、远红外线，经过光—电和电—光两次转换，将目标物体自身辐射不可见的热影像记录下来。是航空成像侦察的一种重要设备。主要由信号收集、红外探测器、制冷器、信号处理器和记录系统等5个部分组成。特点是能全天时实施航空成像侦察，可揭露目标伪装。

微波成像侦察设备　通过天线主动发射0.8～30厘米的微波辐照地物，并通过该天线接收地物反射、散射的回波，用胶片或其他介质记录目标影像的一种主动式（有源）成像侦察设备。主要由微波发射机、天线、微波接收机、数据存储、数据压缩和处理装置等6部分组成。按工作原理和天线结构，分为真实孔径侧视成像雷达和合成孔径侧视成像雷达。①真实孔径侧视成像雷达。是一种有源微波传感器，结构较简单，不需要复杂的数据记录和处理设备。但图像分辨率很低，已被淘汰。②合成孔径侧视成像雷达。60年代后期研制的高精度成像雷达，与真实孔径侧视成像雷达相比，图像分辨率提高几十倍至几百倍。特点是能实施全天候、全天时成像侦察，抗干扰能力强，具有分辨地面活动目标和水下目标的能力，可揭露目标的伪装。

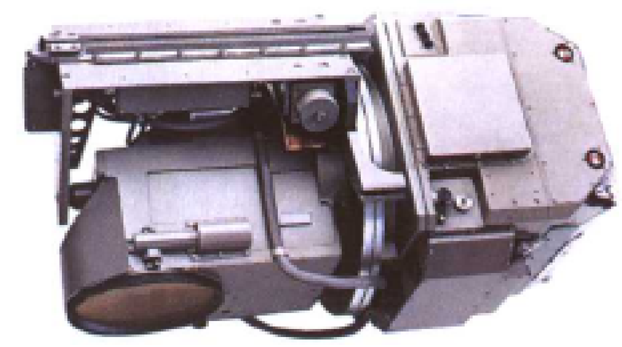
航空电子侦察设备　包括通信信号侦察设备和非通信信号侦察设备。通信信号侦察设备，用于截收和侦收被侦察对象的通信信号，主要包括接收天线、接收机、终端机、计算机、记录设备和其他配套设备等。非通信信号侦察设备，是用于对除通信信号外的电磁波信号及其辐射源（或反射、散射体）进行侦察和探测，主要包括遥测信号、雷达信号、非图像的遥感信号、高能激光武器信号、核武器试验信号。

简史和展望　最早的航空侦察设备是使用普通照相机。1915年，英国皇家空军与索恩顿·皮卡德有限公司合作研制出第一台实用型可见光航空照相机。第一次世界大战前期，各交战国普遍采用航空照相侦察来获取军事情报。早期的照相设备结构简单，自动化程度和动态分辨率较低。由于航空照相侦察在军事上具有重要作用，在广泛应用中得到迅速发展，第二次世界大战后期，可见光照相侦察设备在自动化程度、动态分辨率和系统的可靠性等方面有了大幅度提高。50年代先后研制出热红外成像侦察设备和微波成像侦察设备，将照相侦察更名为成像侦察，并使航空成像侦察能在全天候、全天时的条件下实时进行。未来，可见光成像侦察设备将向增大相对孔径，提高动态分辨率和影像质量的方向发展；热红外成像侦察设备重点是提高温度灵敏度和几何分辨率；微波成像侦察设备将进一步提高对军事目标的分辨能力，全面实现实时传输。

（鲍全河）

hangkong zhaoxiangji

航空照相机　(aerial camera)　安装在航空器上从空中摄取地球表面景物影像的精密光学仪器。又称航摄仪（见图）。航空摄影在飞行动态条件下进行，航空照相机对温度、压力、振动、加速度等环境变化具有较好的适应性，能够改善或消除相对运动而引起的影像模糊，并能按预定程序自动完成摄影。



中国24英寸F/4多功能侦察照相机

简史　1915年，英国皇家空军与索恩顿·皮卡德有限公司合作设计并制造出世界上第一台实用型航空照相机。第一次世界大战前期，交战各方为获取对方的军事情报，开始在飞机上安装航空照相机进行航空侦察。早期的航空照相机为手动式和半自动式，性能、结构比较简单。由于航空照相侦察在军事上的重要作用，航空照相机得到快速发展。第二次世界大战以后，光电领域的各项新技术不断运用到航空照相机上。现代航空照相机已成为光学、精密机械、电子技术相结合的全自动化的高技术产品。中国第一台航空照相机由第228厂于1966年制造。

分类　航空照相机通常有以下7种划分方法：①按用途，分为侦察型和测绘型。侦察照相机用于执行照相侦察任务；测绘照相机用于航空测量。②按使用时间，分为昼间、夜间和通用照相机。昼间照相机利用日光照明摄影；夜间照相机利用照相弹、闪光灯等人造光照明摄影；通用照相机可昼夜两用，并分为利用日光和人造光摄影的可见光照相机和利用红外线摄影的红外线照相机。③按

构造特点，分为画幅式、航线式（亦称缝隙式）和全景式照相机。画幅式照相机分幅拍照，所拍胶片幅与幅之间有一定间隔。航线式照相机沿飞行方向连续拍照。全景式照相机拍照飞机左右两侧天地线之间（180°）广阔的地面景物。④按摄影成像的光谱段，分为可见光、红外线和多光谱照相机。⑤按接收记录影像的方式，分为胶片式和光电式。胶片式照相机用感光胶片接收记录光学影像。光电式照相机用CCD（电荷耦合器件）等探测器件接收光学影像，并将其转换成数字信号记录在磁带、存储器等记录装置中。光电式照相机又称为数字照相机，还可分为传输型和非传输型。传输型光电式照相机在空中拍摄的同时，可将数字图像信号用无线电传输给地面接收站，地面接收站将信号处理后实时显示所拍摄的图像。⑥按摄影方式，分为垂直照相机和倾斜照相机。⑦按照相机镜头焦距的长短、视角的大小，分为短焦距、中焦距、长焦距航空照相机和常角、广角、超广角照相机等。此外，还有一些特殊用途的航空照相机，这类照相机用于拍摄飞机上某些设备的图像或工作状况。例如，拍摄飞机雷达荧光屏的雷达照相机。

组成 航空照相机通常由照相机本体、操纵控制器和座架3部分组成。照相机本体一般由镜头、暗箱、成像记录介质构成，用于形成光学影像和使感光胶片获得潜影；操纵控制器用于控制照相机的工作；座架用于照相机与飞机的连接、减振和调节照相机姿态。现代航空照相机除了采用高分辨率、小畸变差的优质摄影镜头外，一般还运用了自动曝光控制、自动调焦控制、像移补偿控制、自动温度控制、像稳定控制（或陀螺稳定座架）和计算机控制等技术。

性能和应用 航空照相机性能的主要参数有焦距、相对孔径、视角、分辨率、工作周期、曝光时间范围和载片量等。照相机的构造特点和主要参数决定使用范围。低空高速飞行摄影时采用工作周期短、曝光时间短、带有像移补偿装置的短焦距大视角航空照相机，如短焦距的航线式（缝隙式）或全景式照相机；高空飞行摄影时多采用带有像移补偿装置的画幅式和全景式长焦距照相机。为了便于在不同飞行高度以及各种条件下昼夜进行空中摄影，往往在一个航空器上同时安装数台不同类型的照相机。

发展趋势 航空照相机的发展方向是焦距范围大、拍照视场宽、高分辨率、图像数字化、多光谱成像、高度自动化、昼夜两用并增强夜间成像和识别伪装的能力。（王　光）

kejianguang hangkong zhaoxiangji
可见光航空照相机 (visual aerial camera)　利用0.4～0.7微米波长的可见光谱段进行航空摄影的成像设备。分为胶片式和光电式。胶片式用感光胶片接收可见光影像；光电式用CCD（电荷耦合器件）等传感器接收可见光影像。在昼间利用日光照明摄影，在夜间利用人造光照明摄影。所拍摄照片影像直观、信息量大、分辨率高，易于分析与判读，得到广泛运用。利用可见光照相机摄影需要在较好的天气和光线条件下进行，其使用受气候影响较大。

（王　光）

duoguangpu hangkong zhaoxiangji
多光谱航空照相机 (multispectral aerial camera)　用一个镜头或一组镜头，通过不同光谱的滤色片和记录介质，同时获取同一景物的几张不同波段图像的成像侦察设备。成像记录介质可用彩色红外胶卷、黑白胶卷和CCD（电荷耦合器件）等。所获取的图像有利于揭露目标的伪装或揭示目视观察不易发现的地面特征和植被。分为多镜头型、多相机型和单镜头分光束型3种。多镜头型，在同一部相机上装有多个镜头和多种滤色片，共用一个记录介质，在同一画幅上对应记录多个谱段同时拍摄一组影像。多相机型，由多部结构完整的相机组合而成，镜头对准同一个目标，每部相机根据其所用谱段范围选用合适的滤色片和记录介质，通过一个操纵装置同步进行拍摄。单镜头分光束型，通过分光或色散装置将输入的一束光分成不同谱段的多束光，再通过滤色片分别记录在不同的介质上。

（孙润家）

huafushi hangkong zhaoxiangji
画幅式航空照相机 (frame aerial camera)　采取一次曝光获取一幅影像的可见光航空照相机。又称分幅式航空照相机。通过快门启闭，将镜头视场内的地物成像在感光胶片上。曝光时镜头光轴指向不变，整幅画面在瞬间一次曝光完成，影像位移和几何畸变很小。影像和景物之间成中心投影关系，整个画幅比例尺相同。可获得具有严格的几何关系和较高地面分辨率的航空相片。常见的画幅幅面有114mm × 114mm、130mm × 180mm、230 mm × 230 mm、300mm × 300mm等多种。相机动态分辨率通常为38～70线对／毫米，有的达100线对／毫米。适用于低空、中空和高空的航空成像侦察。受镜头有效视场角的制约，覆盖地面面积是一个限定值。实际应用中常将3～5台相机并列安装，或配用摇摆机构和摇摆座架，以扩大成像覆盖范围。

（朱　涛）

quanjingshi hangkong zhaoxiangji
全景式航空照相机 (panoramic aerial camera)　通过扫描将视场范围内的全部景物同步记录在成像介质上的航空照相机。扫描方式分为旋转相机、旋转镜头和旋转棱镜3种。适合于中空和高空的航空成像侦察。对地面的扫描角可达180°，即能获取从航线一侧地平线到另一侧地平线的摄影覆盖范围。影像在飞行方向上是中心投影，在扫描方向上是柱面投影。扫描方向的比例尺连续变化，造成全景变形。另外，还存在扫描变形和像移补偿变形等缺陷。（朱　涛）

changjiaoju hangkong zhaoxiangji
长焦距航空照相机 (long focus aerial camera)　镜头焦距大于600毫米的航空照相机。具有远距离拍摄能力，可获得大比例尺目标照片，适用于高空、远距、大面积航空成像侦察。在航空器上采用侧倾斜方式成像时，拍摄距离可达100余千米。多为卧式结构，即镜头光轴沿航空器纵轴方向水平安装，或在镜头后使用数面反射镜构成折返光路，以缩小镜头到焦面的空间。焦距受温度、压力变化影响较大，要求采用高稳定性的镜筒材料，以及恒温、自动调焦等装置。具有3个自由度的陀螺像稳定平台，结构复杂，制造成本高。美国的CA－990画幅式航空照相机焦距为2 800毫米，KA－112A全景式航空照相机焦距为1 829毫米。（朱　涛）

CCD hangkong zhaoxiangji

CCD航空照相机 (aerial camera with Charge Coupled Device) 利用CCD（电荷耦合器件）等器件制成电子焦平面接收地面物体光学影像的成像侦察设备。亦称光电型航空照相机、固体航空照相机或数字航空照相机。由光学系统、CCD、电子系统和记录系统组成。特点是获取情报的时效性强，对战场环境要求低，特别是在有薄雾的情况下也可进行航空成像侦察，且能获得较好的图像情报；能直接反映出战场情况和评估打击效果；设备结构简单，使用、维修方便，可靠性强。目标影像的光学信号经电荷耦合器件转变为数字信号，由机上记录系统记录或用无线电传输设备实时传输到地面接收站，地面接收站将信号处理后可实时显示侦察区域的图像。按CCD器件结构分为线阵型和面阵型两种，按CCD器件响应光谱段分为可见光CCD和红外CCD两种。 （鲍金河）

guti zhaoxiangji

固体照相机 (solid camera) 见CCD航空照相机。

hangkong cehui zhaoxiangji

航空测绘照相机 (aerial survey camera) 用于摄影测量和制图摄影的航空照相机。分为胶片型和数字型。胶片型为画幅式，画幅尺寸有180mm × 180mm、230mm × 230mm等规格。为了满足不同比例尺和不同飞行高度航空摄影的需要，配有不同焦距的镜头，如88mm、152mm、213mm、305mm等。数字型有两种，一种为面阵CCD（电荷耦合器件）照相机；另一种为线阵CCD照相机。面阵CCD照相机分幅拍照，线阵CCD照相机沿航线连续拍照，为形成立体影像，一般采用3线阵CCD成像。测绘照相机镜头焦距较短、视角较大、影像畸变差小；多为垂直摄影，内方位元素稳定；焦面处装有精密框标；并带有能够修正调节照相机偏流角和水平的座架。现代测绘照相机一般都应用了自动曝光、像移补偿、数据注释、陀螺稳定平台、计算机控制等技术，并能与飞机导航设备、全球卫星定位系统、惯性测量组件（IMU）、外部计算机等交联，实现航空摄影全自动化。数字型照相机是航空测绘照相机的发展方向。 （王 光）

hongwaixian hangsaoyi

红外线行扫仪 (infrared line scanner) 从空中利用8～14微米电磁波段，获取地面景物自身辐射温度差异图像的成像侦察设备（图1）。由光学扫描系统、红外探



图1 中国研制的红外行扫仪

测器、制冷器、电子系统、显示记录系统等组成（图2）。图像反映被测地面景物的温度分布，具有揭示人眼看不到的热

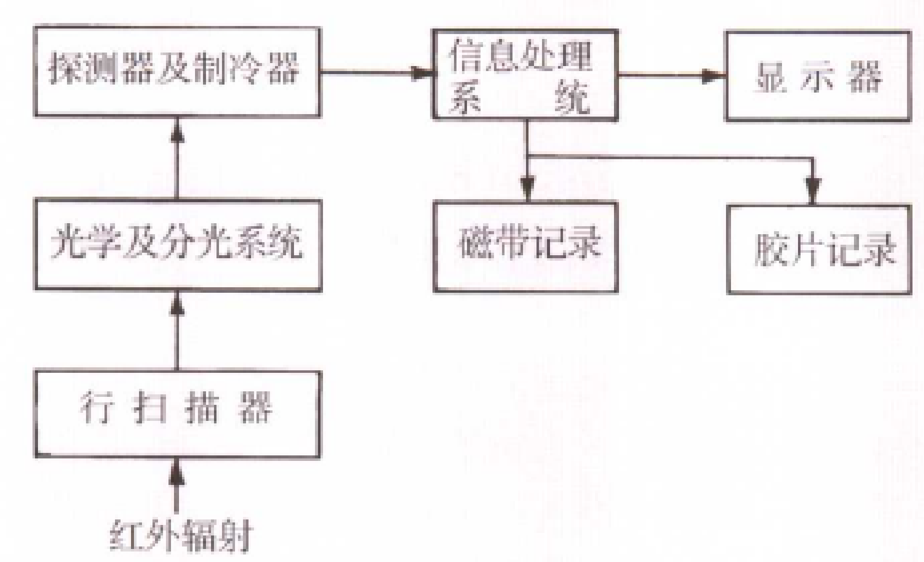


图2 红外行扫仪工作原理图

现象能力。特点是不需要照明能进行全天时成像侦察，隐蔽性、抗干扰性较好；分辨率比较低，成像效果受气候条件和温度变化的影响较大，不如可见光画幅式照相机所获得的图像那样直观。军事上，主要用于揭露伪装，是现代航空成像侦察的重要手段。在民用上，可用于地质勘查，探测林区、海域深度、工业废水污染、农作物长势等。 （谢一峰）

ceshi chengxiang leida

侧视成像雷达 (side looking image radar) 装在航空器上运用微波成像工作原理从空中探测各种目标并形成图像的电子设备。固定安装在预警机、侦察机上，或以吊舱方式外挂于作战飞机。按图像种类，分为模拟图像式和数字图像式；按雷达天线体制，分为真实孔径式和合成孔径式。

简史 1935年英国开始研制世界上第一部机载雷达，1937年7月装机进行空中试验，用于观察监视海面舰只并协助航行。1943年美国生产机载搜索雷达，用于地面和海上目标的定位、识别和轰炸。此后，各国生产了轰炸、射击、搜索、气象等多种雷达，它们在完成专门任务的同时兼备测绘功能，即加装必要的显示和记录设备，摄取、记录雷达影像。50年代末期，制成AN/APQ-102型机载合成孔径侧视成像雷达，配装美国空军的RF-4C侦察机。1976年机载合成孔径侧视成像雷达实现数字化处理。1981年，美国生产出第四代合成孔径侧视成像雷达侦察设备，分辨率为0.7米，作用距离160千米，配装TR-1侦察机。90年代，合成孔径侧视成像雷达侦察设备分辨率已达0.1米。

原理 不同的侧视成像雷达工作原理各不相同。真实孔径侧视成像雷达与一般雷达基本工作原理相同，即雷达图像距离分辨率决定于雷达脉冲宽度，脉冲宽度越窄分辨率越高，当采用脉冲压缩技术时，距离向分辨率由脉冲宽度和压缩比共同决定，而与雷达作用距离无关。雷达图像方位向分辨率由雷达天线方位波束宽度决定，雷达载频越高、天线孔径越长、天线波束越窄，方位向分辨率越高，它随雷达作用距离远、近变化。同样0.1°的天线波束在雷达距离目标为5千米时方位向分辨率是8.7米，当雷达距离目标为150千米时方位分辨率是262米。合成孔径侧视成像雷达在天线理论上与真实孔径侧视成像雷达相反，利用实际小天线，在载机运动过程中连续收集地面目标返回的含有多普勒相位信息的微波信号。该信号经过电路、光学或数字压缩处理形成雷达图像。雷达天线方位角是固定的，距离载机近的目标受到雷达照射的时间短，收集多普勒相位信息少，压缩倍数小；距离载机远的目标受到雷达照射的时间长，收集的多普勒相位信息多，压缩倍数大；方位分辨率不受雷达作用距离的影响，在整个雷达作用距离范围内都能获取较高分辨率的雷达图像，但侦察带宽比真实孔径侧视成像雷达窄。

组成 侧视成像雷达侦察设备通常

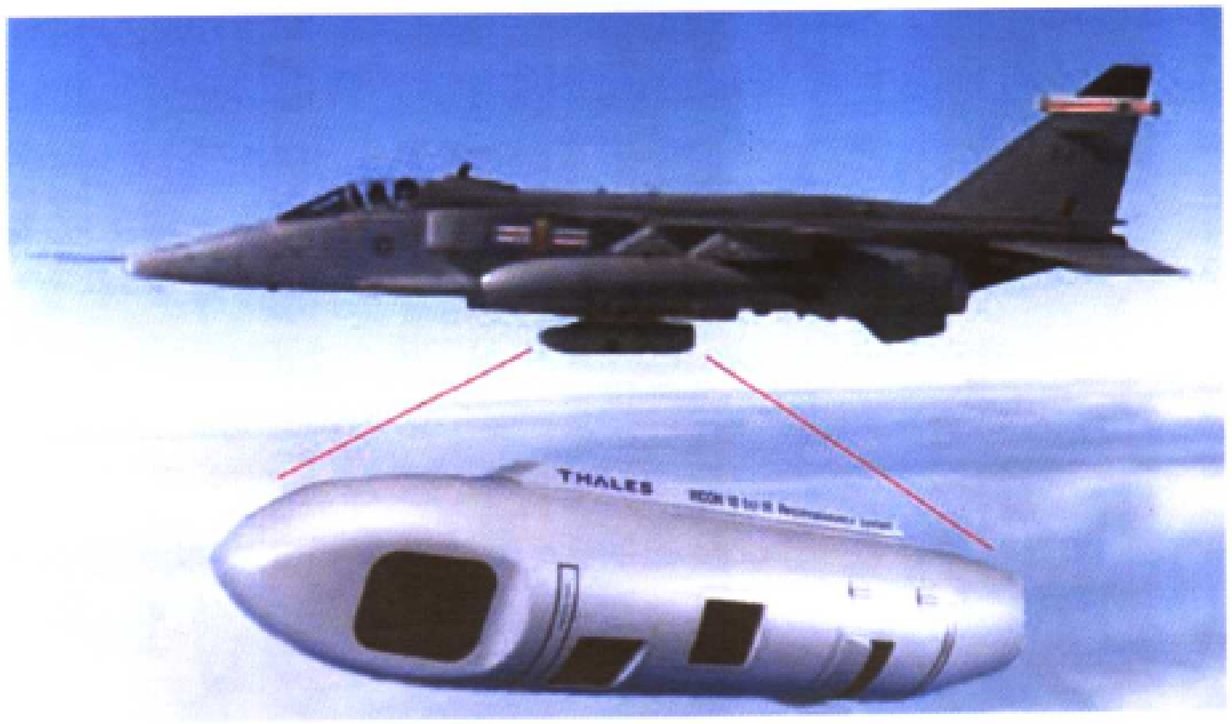
由天线、控制平台、发射机、接收机、信号数据发生器、记录装置、总控制器、配电箱等组成。天线以一定波束发射、接收微波信号；控制平台用于消除飞机姿态、速度、加速度变化对雷达图像的影响；发射机产生大功率微波信号输往天线；接收机接收地面目标返回的含有多普勒相位、振幅信息的微波信号，并进行频率变换；信号数据发生器产生发射、接收频率基准，发射、接收、记录时序基准；记录装置用胶片、磁带、磁盘记录雷达产生的数据、图像；总控制器控制雷达设备的加电、自检、工作程序，设定工作方式，监视雷达工作状态；配电箱给各分机分配电源。

特点　侧视成像雷达能在全天时、全天候、全高度、全时速条件下工作。①侦察地域宽广，每一航线侦察带宽从几千米到100千米左右，单次侦察面积可达几万平方千米；侦察距离远，从距载机几千米到150千米左右；②生存能力强，雷达侦察设备工作在侧视时，载机不经过敌方上空，减少了受到攻击、干扰的可能性；③侦察精度高，雷达图像分辨率可以是普通雷达的几十倍到1 500倍以上；误差在1%以内，极易与地图和其他资料对比使用。④不受天候影响。

展望　未来侧视成像雷达的发展，将采用多频段、多极化技术，以改善无线电波特性本身对雷达图像的影响；采用干涉技术获得三维立体图像；进一步提高图像分辨率。　　　　（马进山）

hangkong zhencha diaocang

航空侦察吊舱　(aerial reconnaissance pod)　悬挂在航空器外部，内装侦察设备，用以执行航空侦察任务的装置。舱体外形一般近似圆柱体，前后端有圆锥形整流罩，具有良好的气动外形(见图)；下方或侧方开有光学或雷达窗口，具有传输功能的侦察吊舱的舱体上布置有天线系统。特点是通用性强，同一侦察吊舱可适配于多种航空器；使用灵活，根据不同的侦察任务，可采用不同的设备组合方案。按内装侦察设备种类和用途分为：可见光成像侦察吊舱，红外成像侦察吊舱，微波成像侦察吊舱，电子侦察吊舱和组合式侦察吊舱。



英国文登公司威肯18系601型照相侦察吊舱挂装在“美洲虎”飞机上

典型的航空侦察吊舱，主要由舱体，稳定平台，侦察设备，侦察管理系统，视频取景器，图像、数据记录设备，图像、数据传输系统，环境控制系统等组成。侦察吊舱通过标准的机械悬挂接口和电连接器与航空器连接，实现配装不同航空器的通用性要求；稳定平台用于安装航空侦察设备，为其提供横滚、航向和俯仰三通道稳定的工作平台，并起到隔振、减振作用；环境控制系统对侦察吊舱内部的温度、湿度、压力、清洁度等进行控制，满足侦察设备及其他设备的工作条件要求。其余组成部分与专用侦察飞机上安装的同类分系统的作用、性能基本相同。

采用吊舱形式进行航空侦察始于20世纪40年代。早期型号主要是安装可见光垂直照相机或摇摆照相机。随着红外技术、光学技术、雷达技术和电子技术的发展，50年代后相继出现红外线行扫仪、长焦距倾斜照相机、合成孔径成像雷达、电子侦察等新型侦察设备，吊舱功能不断增大。80年代以来，出现了装有图像、数据实时传输系统和记录系统的航空侦察吊舱。未来，随着科学技术的发展，航空侦察吊舱将进一步改进材质和结构，提高综合化、模块化、标准化水平，逐步实现多用途化。　　　　（高士英）

hangkong tuxiang chuli shebei

航空图像处理设备　(aerial image processing device)　对获取的航空图像信息进行处理所用仪器的统称。是航空侦察装备的重要组成部分。通常安装在地面站或机动车内。为尽快获取图像信息，提高图像情报的时效性，有些设备则安装在飞行器上，在飞行中完成图像处理，使用无线电传输设备将获取的图像信息传送到地面。按处理手段，分为光化图像处理设备和数字图像处理设备两类。①光化图像处理设备。利用光学和化学技术进行图像处理，主要包括图像冲洗、印相、缩放、纠正、质量控制和全息摄影信息处理设备等。图像冲洗设备用于感光材料的冲洗；印相设备用于晒印照片和拷贝；缩放设备用于图像的缩小和放大；纠正设备用于纠正图像几何误差；质量控制设备用于检测感光材料特性和控制影像质量；全息摄影信息处理设备是将全息摄影数据信息转换成为图像。②数字图像处理设备。主要包括计算机、图像输入和输出设备。计算机用于图像变换、缩放、几何纠正、复原、增强、镶嵌、分析、识别和目标的定位；图像输入设备用于接收模拟图像并把模拟图像数字化后输入计算机；图像输出设备用于将已输入计算机的图像或经过计算机处理后的图像输出。图像处理设备大多数是现代化仪器，自动化程度高，性能稳定，图像处理速度快，质量好。随着机械、电子、光学和感光化学技术的进步，航空图像处理设备将向高分辨率、自动化和智能化方向发展。

（刘殿林）

hangkong tuxiang pandu shebei

航空图像判读设备　(aerial image interpretation equipment)　用于观察、识别、计算和存储航空影像的专用仪器。主要有平面观察仪、立体观察仪和光电判读仪。①平面观察仪。包括放大镜和透光台等。放大镜用于非立体图像判读，由物镜和目镜两部分构成，通常倍率为2倍、4倍、10倍等。放大率在10倍以上的放大镜，设有量测目标尺寸的刻度尺。透光台是为直接观察正、负透明片设计的，用于判读和制图，其中高级透光桌的光源强弱可以调节，安装有数个通道的自动卷片装置。②立体观察仪。包括立体镜、立体判读仪等类型。常用的立体镜有透镜式立体镜、反光立体镜和可变焦距立体镜。立体判读仪是在立体镜的基础上发展起来的，装有照明和自动卷片装置，用

于观测立体图像。有的具有测量视差、方位、坐标和面积等功能。③光电判读仪。按信号体制，分模拟式和数字式两种。模拟式判读仪，通常由高分辨率电视摄像装置、电视显示器或背投式观测屏幕、高精度定位光桌、单或多通道自动卷片装置、照明装置和计算机等组成。数字式判读仪，主要包括图像处理机、模拟图像变换为数字图像的图像输入设备、数字图像输出到纸或胶片上的图像输出设备、图像显示器等。数字判读仪在专用图像分析软件支持下，实现图像数据读取、图像输出、坐标量测、图像分析以及目标的辅助识别。（郭书文）

hangkong zhaoxiang xiyin shebei

航空照相洗印设备 (aerial photo developing and printing equipment) 对获取的航空图像信息进行光学和化学处理所用器械的总称。主要装备在图像处理中心、照相室、机动站。按用途分为冲洗、印相、复照、放大设备。①冲洗设备。是将航空胶片和相纸进行处理，以获得底片和照片。常用的冲洗设备有手摇冲洗器、电动冲洗器、自动冲洗机和彩色冲洗机等。②印相设备。是将航空负片（正片）进行印相（拷贝），以获得照片（拷贝片）。这类设备具有光源稳定、传动机构灵活、便于曝光控制及曝光补偿、能自动压平且影像不变形、幅面大小可调等特点。常用的印相设备有白光印相机、紫光印相机、匀光印相机、连续印相机等。③复照设备。是将航空照片、图表、文字资料等进行翻拍，以获得一定比例尺底片的专用设备。有的复照设备具有复照、放大、照相等功能。常用的复照设备有三用相机、复照放大机等。④放大设备。能将一定尺寸的底片放大成一定比例尺的照片。这类设备可对照片进行调整反差、纠正变形、校对颜色等处理。常用的放大设备有放大机、航空三用相机等。随着计算机、自动控制、精密光学、化学等科学技术的提高，航空照相洗印设备将朝着智能化、快速、高效和高分辨率方向发展。

（吕　杰）

hangkong yaoganqi

航空遥感器 (aerial remote sensor) 装在航空器上用于探测地球表面和大气层辐射或反射电磁波的设备。航空侦察设备的组成部分。通常由信息采集和记录部件组成。信息采集使用探测器（光学的、光电的、电磁的等），信息记录通常使用胶片或磁带。各种遥感器接收到的数字或图像信息，通过校正、变换、分解、组合等处理，提供给用户分析判读，或在地理信息系统和专家系统的支持下，制成专题地图、统计图表或文字报告等，为军事侦察、资源勘查与环境动态监测提供信息服务。

分类　航空遥感器按成像分为成像式和非成像式两大类。成像式遥感器又可分为主动式和被动式。主动式遥感器包括微波成像雷达和激光成像雷达，微波成像雷达又分为真实孔径侧视成像雷达、合成孔径侧视成像雷达和干涉型合成孔径侧视成像雷达。被动式遥感器按感测波段可分为紫外、可见光、红外线和微波遥感器。紫外遥感器有紫光照相机；可见光遥感器包括可见光照相机、多光谱照相机、返束光导管电视摄像机等；红外线遥感器包括红外行扫仪、近红外照相机等；微波遥感器包括微波辐射计和微波散射计等。非成像式遥感器包括大气温度垂直分布辐射计、地球辐射收支仪、雷达高度计、雷达散射计、激光高度计、航空磁力仪、航空重力仪、航空声纳、航空超短脉冲地下探测器和航空粒子能谱仪等。

特点　①能获得高分辨率的影像，适合于对被探测目标进行详细研究；②在时间、空间上有较大灵活性，可根据需要随时调整时空和区域变化；③飞行高度、续航时间、监测范围等受一定限制；④易受天气和飞行器姿态的影响，工作不够稳定。

简史和展望　航空遥感器的最早应用始于19世纪中叶。最初只有可见光照相机，用光学镜头和胶片完成图像信息的采集，称为光学遥感器。1858年法国人在气球上获得第一幅巴黎街区的相片。20世纪初飞机出现后，相机镜头和胶卷的改进，促进了航空遥感的发展。1935年随着彩色摄影胶片的出现，有了红外彩色遥感器。1962年美国公布了侧视雷达和红外扫描图像，并开始对单色数字处理的研究，发展了彩色和多光谱图像处理技术。随着航空技术、电子技术、计算机、地球科学技术的发展，使航空遥感器产生了质的飞跃。各种类型的遥感器以及相应处理设备，超越了人眼所能感受的可见光限制，延伸了人的视觉，获取的信息大大增加，广泛应用于军事和经济各个领域。未来的航空遥感器，将向多谱段、多极化、高精度、小型化、定量化、智能化方向发展。

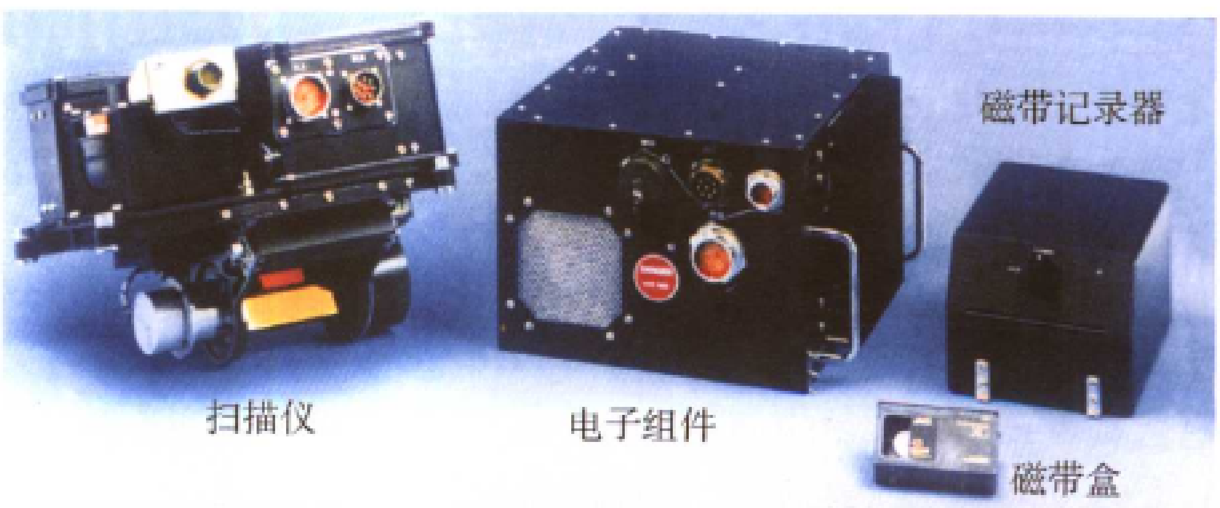
（杨平和）

hangkong hongwai yaoganqi

航空红外遥感器 (aerial infrared remote sensor) 装在航空器上从空中探测、记录地物辐射和反射红外波谱的仪器。航空遥感器的组成部分。通常由能量收集系统、探测系统、信号处理与转换系统和记录系统4部分组成（见图）。

航空红外遥感器，分为成像式和非成像式两种。成像式红外遥感器，主要包括红外摄影仪、红外扫描仪、前视红外系统和红外辐射仪等。成像方式：一是利用红外线直接使胶卷感光获得景物影像；一是利用光学扫描和能量转换装置把作用在探测器上的红外线转换成可见光，然后使胶卷感光获得景物影像。非成像式红外遥感器，有红外辐射计、红外波谱仪等。通过光学系统将敏感器接收到的信号转变为电信号，加以放大、汇录，以测定物体的辐射量、温度、波谱等特性。

红外遥感是被动的，不易受干扰，隐蔽性能好，作用距离远，所获得的红外图像有助于判明目标的性质和状态，利于识别伪装，可昼夜实施侦察、监视，是航空侦察的重要手段。在民用方面利用红外扫描仪探矿、找水源，对农作物、森林、环境和自然灾害实施监测，使用比较广泛。



英国皇家空军侦察机装备的IRL型红外扫描仪

红外扫描仪的主要缺点是分辨率比较低，图像易变形，受天气影响较大。

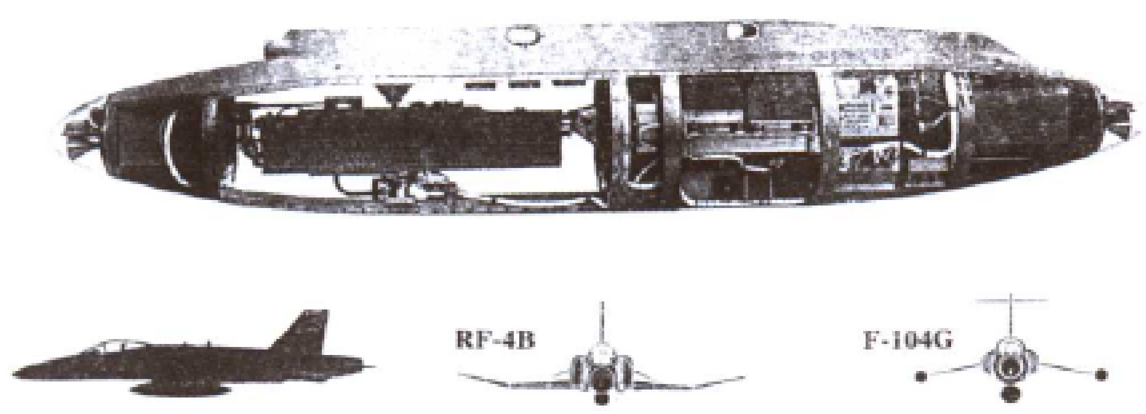
红外遥感技术用于军事，始于第一次世界大战，当时使用的红外探测器，可探测到1 500米以外的飞机和300米以外的人体。第二次世界大战中，德国首先使用了红外遥感装置，可在夜间看到战场全景。1958年美国研制成功第一台红外线行扫仪。60～70年代，美国、法国、英国、瑞士等国研制和生产了多种型号的红外遥感器。80年代后，航空红外遥感器性能进一步提高，并在夜战中发挥重要作用。中国自60年代中期开始研制航空红外遥感器，1966年研制成功第一台红外线行扫仪，为夜间侦察提供了新手段。未来，随着CCD（电荷耦合器件）的发展，航空红外遥感器将以光电记录系统取代胶片记录系统，作用距离、分辨率、时效性和全天时工作能力将进一步提高，应用将更加广泛。

（王连克）

hangkong weibo yaoganqi

航空微波遥感器 (aerial microwave remote sensor)　装在航空器上用于探测、记录地物和环境的微波信息并形成图像的设备。航空遥感器的组成部分。具有全天候、全天时工作，覆盖面积大，作用距离远，有一定穿透能力，图像几何失真小的特点。按工作方式，分为主动式（有源）微波遥感器和被动式（无源）微波遥感器。使用无线电波频率范围300～40 000兆赫。主动式微波遥感器，有成像雷达、微波散射计、微波高度计等。常用的航空微波遥感器主要是机载侧视成像雷达，从空中向地面发射大功率微波信号后，对接收地面各类物体、环境反射的微波信号进行放大、变换和处理，形成微波图像。被动式航空微波遥感器，主要指微波辐射计，直接收集地面物体、环境的微波辐射，经数据处理设备把得到的亮度、温度差转换成灰度信号形成图像。20世纪50年代后期，英国使用平面定位雷达发现了苏格兰地区从未被人所知的几条地质断层；1967年第一次使用机载侧视成像雷达，在多云雾的巴拿马达连省获取了面积1.6万平方千米的遥感图像，成为有源微波遥感器应用的范例。1971年，美国使用机载合成孔径侧视成像雷达（见图）在加利福尼亚进行地质勘测，同年为巴西探测面积达880万平方千米，在地质、地貌、土壤、植被、土地利用、区域规划等多方面实际应用。中国研制的航空微波遥感器，于1980年首次获得地质图像，用于灾情监测、资源勘探等领域。随着多极化、多频段、相干技术在航空微波遥感器中的采用，航空微波遥感器在航空侦察和航空遥感领域将会得到更广泛地应用。

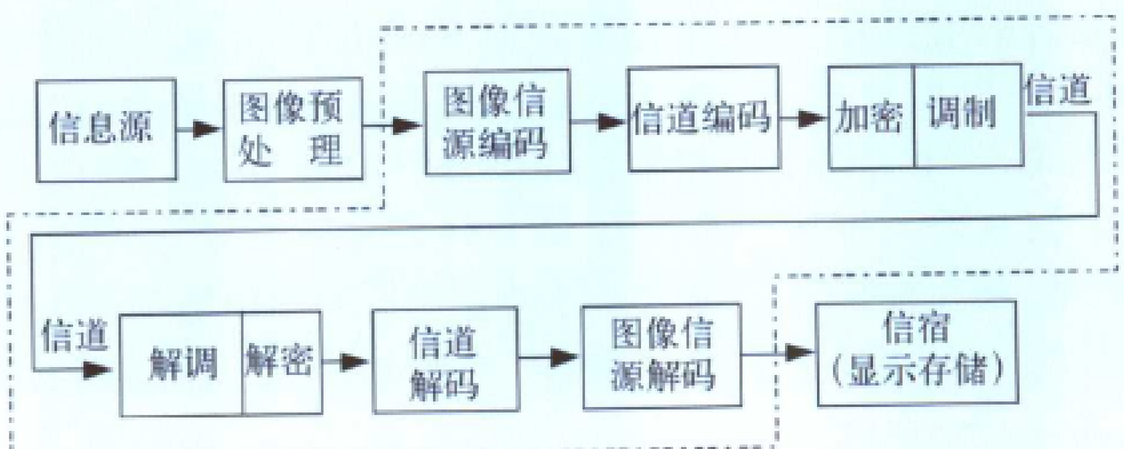
（马进山）



美国军用侦察机装备的合成孔径侦察雷达

hangkong zhencha shishi chuanshu xitong

航空侦察实时传输系统 (real-time transmission system of aerial reconnaissance)　将航空侦察设备所获各种信息进行实时传输设备的总称。由航空侦察平台分系统、实时成像分系统、卫星通信分系统和地面信息处理分系统组成。航空侦察平台分系统由各类侦察机组成，是承载侦察设备的工具；实时成像分系统由机载合成孔径成像雷达和光电转换型成像设备等组成，是获取情报信息的重要组成部分；卫星通信分系统由信号调制器、信号加密机等设备组成，担负着将实时成像分系统获取的图像数据压缩、加密，并同侦察机的GPS数据复合后，发往通信卫星的任务；地面信息处理分系统由一系列计算机工作站和数字图像输入/输出设备组成，可对实时接收的图像情报数据、GPS数据进行实时处理，并迅速作出侦察评估，为指挥决策提供科学依据（见图）。



航空侦察图像传输系统方框图

航空侦察实时传输系统，是从20世纪60年代发展起来的，采用“机—地”、“机—星—地”和“机—机—地”模式。“机—地”实时传输模式是，侦察机将所获取的图像情报信息，实时传输到预先设置在侦察区域邻近的地面接收处理站。具有系统独立性强、机动灵活、传输信息不易受干扰、实时传输距离较近的特点。“机—星—地”模式是，侦察机将所获取的图像情报信息，实时发送到通信卫星，通过通信卫星将图像情报信息实时传输到其覆盖范围内的任何一个地面接收处理站。具有实时传输范围大、距离远、地面接收处理站相对固定，但传输信息受通信卫星制约的特点。“机—机—地”模式是，侦察机将所获取的图像情报信息，实时发送到通信飞机，通过通信飞机将图像情报信息实时传输到地面接收处理站。具有机动灵活、传输信息不易受干扰、实时传输距离较近的特点。

（柳星春）

hangkong guanghua tuxiang chuli

航空光化图像处理 (aerial photochemical image processing)　利用光学成像和化学处理的方法，将获取的航空影像信息转换成各种比例尺照片和底片的技术。主要包括：航空底片冲洗，航空照片印相、放大、复照和影像质量控制等。航空底片冲洗，是从航空照相机中取出已曝光的航空胶片，按照工艺要求，使用事先配制好的显影、定影等化学药液，对胶片进行化学处理，使隐含在胶片中的被摄景物的潜影转变成可供识别的影像信息。该处理过程可利用航空胶片自动冲洗机进行自动处理，也可按人工要求进行。处理的结果是得到一份与原景物影像信息相反的航空底片。航空照片印相，是利用印相设备的光源通

过航空底片对印相纸进行曝光，使航空底片的影像在印相纸中形成潜影，再利用显影、定影等化学药液和工艺步骤对已曝光的印相纸进行化学处理，得到与航空底片影像信息相反的航空照片。该处理过程可利用航空照片自动冲洗机进行自动处理，也可按人工要求进行。航空照片印相的特点是可使一份航空底片复制成若干份航空照片。航空照片放大，是利用放大设备的光源和放大镜头，通过航空底片对放大纸进行曝光，使航空底片的影像在放大纸中形成潜影，再利用显影、定影等化学药液和工艺步骤对已曝光的放大纸进行化学处理，得到与航空底片影像信息相反的航空照片。航空照片放大的特点是可将整幅图像或局部图像进行放大，得到各种比例尺的航空照片，以便于图像测量和识别。航空照片复照，是利用照相设备对特殊需要的航空底片、照片或其他影像资料进行摄影，对摄影后的胶片进行冲洗处理，可得到一份或若干份底片，再对底片进行印相或放大处理，又可得到若干份照片。航空照片复照的特点是可得到原始图像的若干份副本，以便于航空影像信息的广为利用。影像质量控制，是利用感光测定、化学分析设备，对成像过程所用的感光材料、化学药液和处理后的影像，进行检测、分析与控制。随着科学技术的提高，航空光化图像处理将朝着高解像率、高处理速度和智能化方向发展。　　（朱建平）

hangkong shuzi tuxiang chuli

航空数字图像处理　(aerial digital image processing)　利用计算机将航空成像传感器获取的影像信息处理成可供应用图像数据的技术。包括：图像输入、预处理、变换、增强、分类、纹理分析和输出等（图1、2）。①图像输入。是将记录的成像信息读入计算机。如果是数字信息，可按照兼容的数据格式直接读入计算机；如果是模拟信息，则须通过扫描仪或其他数字化设备，将模拟信息转换成数字信息后，再读入计算机。②图像预处理。是在数据导入计算机之后首先进行的一系列校正处理。如：辐射量校正处理和图像的几何精校正处理等。③图像变换处理。是将数据从空间域转换到变换域（如频率域）。目的是简化算法，提高计算机处理速度。④图像增强处理。是突出图像中的有用信息，强调感兴趣的特征，使图像更加清晰。按照增强的信息内容可分为波谱特征增强、空间特征增强、时间信息增强3类。⑤图像分类处理。是对图像中各种地面目标的光谱特征进行分析，将具有相同或相近特征参数的一类目标放在一个不重叠的子空间中，以便计算机自动识别或人工判读。⑥图像纹理分析。是综合图像中反复出现的局部模式和规则排列，便于分析细部影像。⑦图像输出。是利用输出设备将计算机处理过的信息按照一定的格式存储、传输或直接拷贝成图。经过处理后的图像数据，可用于军事判读、精确制导、数字地图和作战模拟等。随着科学技术的不断发展，航空数字图像处理将朝着高分辨率、大数据量、实时处理、多用户终端和智能化识别方向发展。

（杭国红）

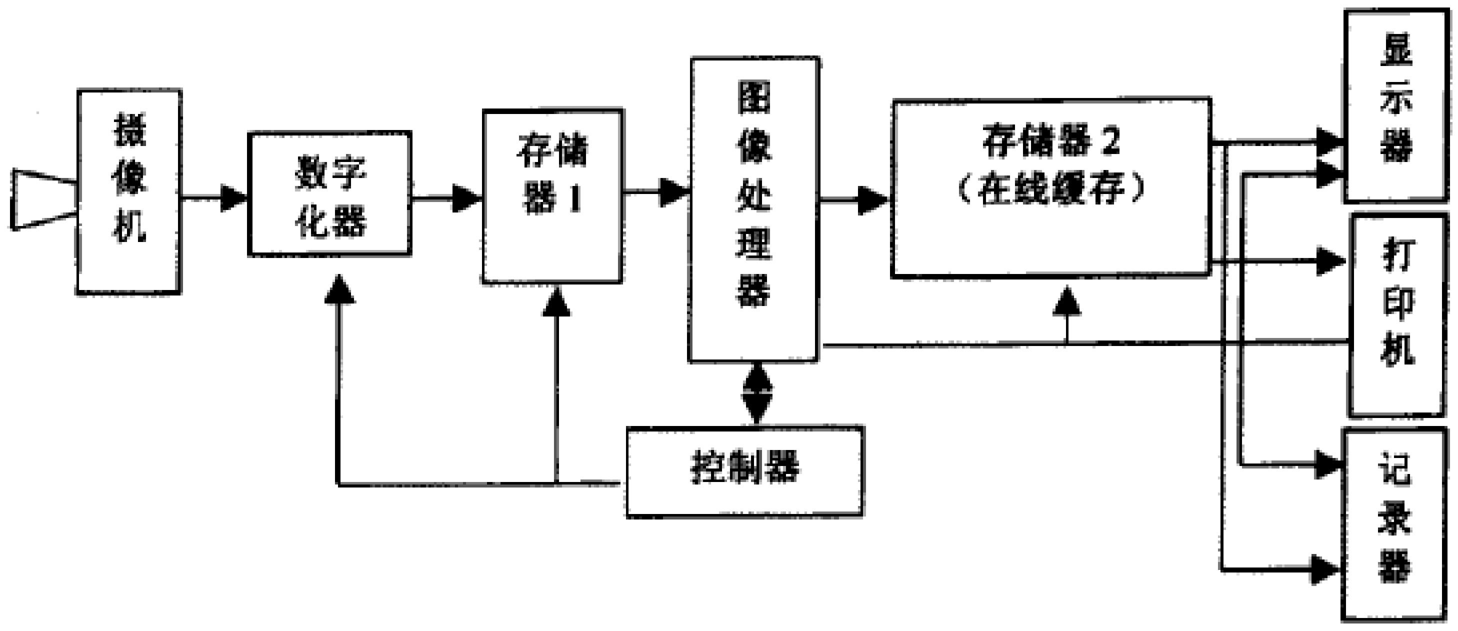


图1　数字图像处理系统的一般组成

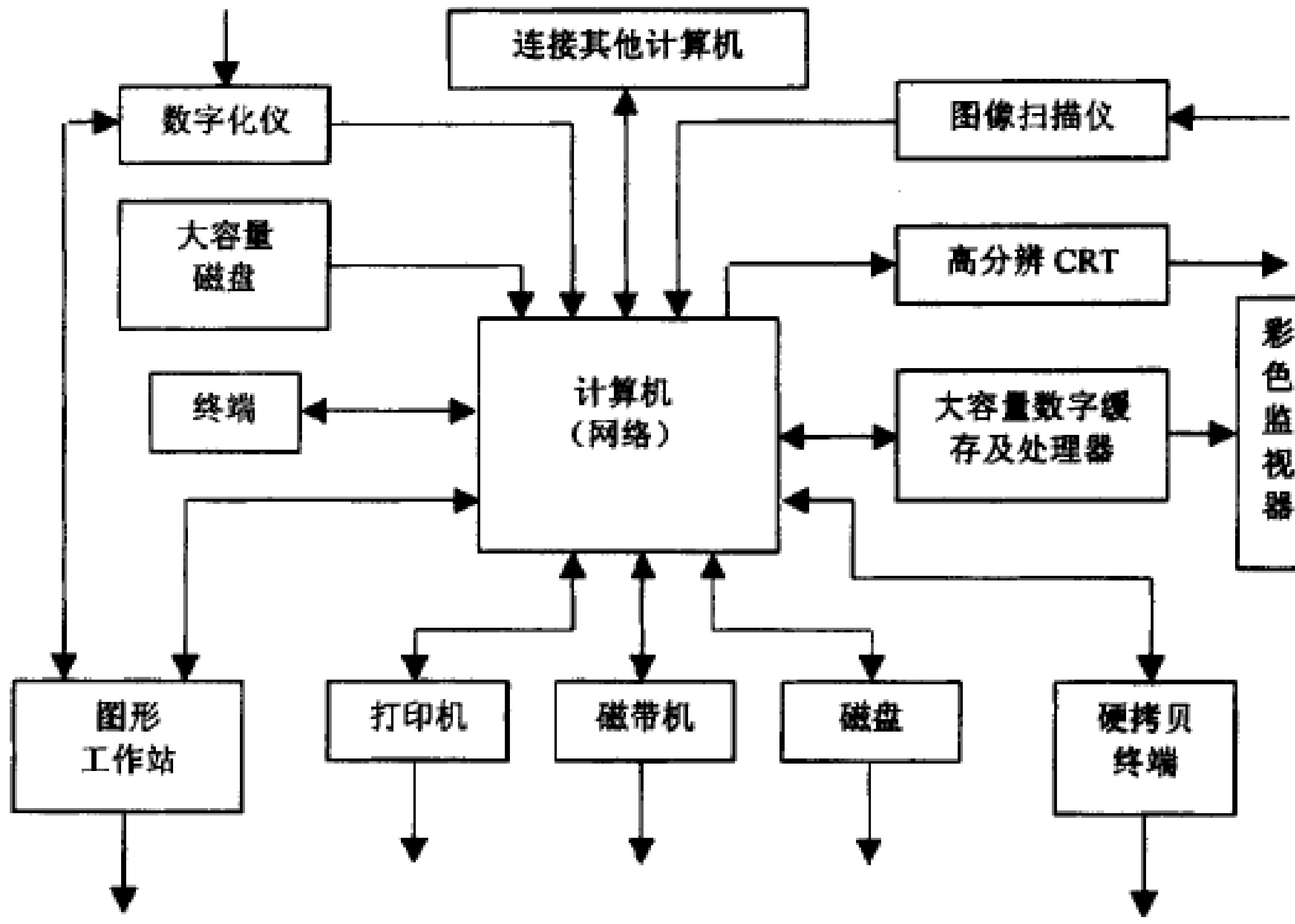


图2　美国加州大学数字图像处理系统

hangkong zhaopian

航空照片　(aerial photograph)　航空影像信息经图像处理形成的图片。有正像和负像两种形式。按摄影方式，可分为垂直航空照片、倾斜航空照片和全景航空照片。按摄影材料，可分为黑白航空照片、彩色航空照片、红外航空照片和多光谱航空照片。按摄影机工作原理，可分为画幅式航空照片、扫描式航空照片和雷达航空照片。按比例尺，可分为大比例尺航空照片（见图）、中比例尺航空照片和小比例尺航空照片。按照片规格，可分为大画幅航空照片、中画幅航空照片和小画幅航空照片。航空照片通常反映地物的顶部形状，有的记录航空摄影时的注释数据。经判读后的航空照片通常注有专用文字和符号。航空



大比例尺航空照片

照片与地图相比，再现地形状况直观详细，获取速度快，制作成本低。广泛应用于军事和经济领域。

（杨恒刚）

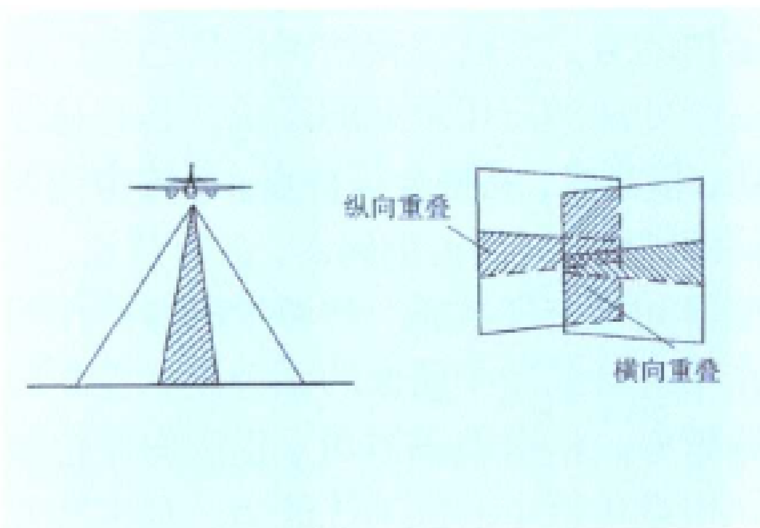
hangkong zhaopian bilichi

航空照片比例尺 (aerial photograph scale)　航空照片上某线段长与地面相应水平线段长之比。以照片上一个单位相当于地面上若干个单位长来表示。如航空照片比例尺为1:10 000，即照片上1厘米长相当于地面上水平距离100米长。在较平坦的地域进行垂直航空摄影，照片上各处的比例尺基本一致，等于摄影仪焦距与摄影高度之比。倾斜航空摄影时，照片上同一条水平线的比例尺相等，其他各处的比例尺均不相等，从近景线到远景线方向逐渐缩小。全景航空摄影时，照片上的比例尺变化更加复杂，在垂直全景航空照片上，从中心到两侧比例尺逐渐变小。航空照片比例尺是航空摄影诸元计算、航空照片镶嵌和影像判读的基本参数。

（姜信茂）

hangkong zhaopian chongdielü

航空照片重叠率 (aerial photograph overlap ratio)　连续航空摄影获取的两张相邻照片上同一地区影像部分边长占整幅照片边长的百分比。沿飞行方向的重叠称纵向重叠，常以P%表示纵向重叠率。左右航路之间的重叠称横向重叠，以Q%表示横向重叠率。照片重叠是实施连续航空摄影的基本要求之一，它是保障照片镶嵌、立体判读和测图的重要条件。在平坦地域实施垂直航空摄影时，横向重叠率可选在



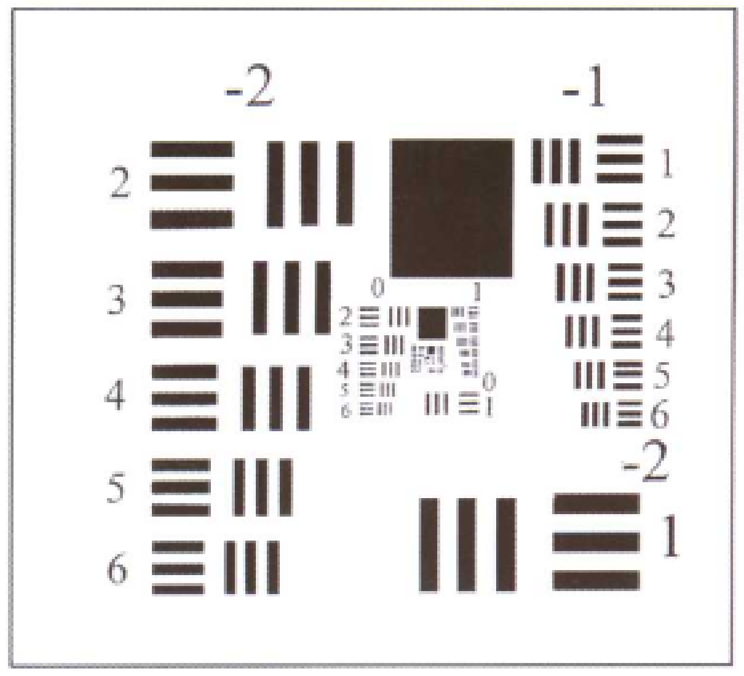
摇摆照相重叠示意图

40%~50%之间，纵向重叠率则可选为20%~30%，需要立体观察时，纵向重叠率应选为60%~70%。并列和摇摆摄影时的纵向重叠率一般为20%~30%，横向重叠率可选为10%~20%（见图）。侧方倾斜航空摄影，照片近景线部分的重叠率一般为10%左右，而前方或后方倾斜航空摄影多采用50%的重叠率。

（姜信茂）

hangkong zhaopian fenbianlü

航空照片分辨率 (aerial photograph resolution)　航空照片对被摄景物细微部分的再现能力。即照片上能分辨相邻两个目标的最小距离。通常以1毫米内分辨出的宽度相同的黑白线对数



镜头分辨率标板

表示（见图）。如某航空照片分辨率为26线对／毫米。航空照片分辨率是衡量影像质量的重要指标之一，不但表示照片承载信息量的多少，还反映航摄仪性能的优劣。航摄仪镜头分辨率、感光胶片分辨率及目标与背景的亮度对比值是影响航空照片分辨率的几个重要因素。运用不同的分辨率标板，可测得镜头分辨率和感光胶片分辨率。航空照片分辨率通常要比镜头分辨率和感光胶片分辨率中最小的一个还要小。航空摄影时，受大气湍流及其他因素的影响，航空照片分辨率还会减小。

（姜信茂）

hangkong zhaoxiang xiyin

航空照相洗印 (aerial photo developing and printing)　将航空胶片记录的被摄景物的潜影，加工成可见影像的底片和照片的技术（见图）。包括冲洗底片和晒



利用自动化设备冲洗胶片和相纸

印照片等过程。从照相机内取出已曝光的航空胶片，经暗室化学处理之后成为可见影像的底片。冲洗底片按显影—水洗—定影—水洗—干燥等步骤依次进行，最后获得有稳定影像的底片。用底片晒印照片时，将相纸和底片药膜面相合，通

过印相机曝光，或相纸乳剂面不与底片相接触，通过放大机曝光，再经过显影—水洗—定影—水洗—干燥等步骤，就能获得与原景物色调相符的照片。

（傅国庆）

hangkong zhaopian pandu

航空照片判读 (aerial photograph interpretation) 对航空照片进行观察、测量、分析，以揭示目标性质的工作。航空照片只有经过判读，才能成为具有使用价值的情报。军事航空照片判读成果，是军事指挥员定下作战决心、实施作战指挥的重要依据。按目标性质，分为战术目标判读、战役目标判读、战略目标判读；按目标种类，分为地形目标判读、军事目标判读、工业目标判读、交通目标判读；按目标所在电磁波段，分为可见光照片判读、红外线照片判读、多光谱照片判读、微波照片判读等。在航空照片上判读目标，主要依据目标在照片上呈现的识别特征，进行综合分析。识别特征主要有目标的形状、大小、阴影、色调、位置、活动等。判读时还须考虑地形、伪装等多种因素的影响。美、俄、英、法等国军队，都编有军事判读机构，拥有军事判读专家，负责航空照片判读，为决策机关提供航空图像情报。航空照片判读始于20世纪初期。第二次世界大战期间，交战国的兵力部署、阵地编成、战场动态及发现德国V-2火箭的情报等，90%以上来自航空照片判读。50年代后，随着遥感、计算机技术的发展，判读工作范围进一步扩展。在历次局部战争和重大事件中，航空照片判读都得到广泛应用。

（史绍民）

hangkong zhaopian xiangqian

航空照片镶嵌 (aerial photograph mosaic) 将若干张航空照片按与地表相对应的位置关系，去掉相邻照片重叠部分，制作成军事情报图的过程。通常由专职人员完成（见图）。航空照片镶嵌图经判读和标注后，反映的信息全面、真实、直观，是军事指挥员实施作战指挥的重要依据。按作业手段，分为人工镶嵌和计算机镶嵌。人工镶嵌要求图面平整，粘贴牢靠，切割线走向圆滑，厚度适中，中间航路平直，平均分配误差。计算机镶嵌是将照片通过扫描输入计算机，经缩放、



专业人员在镶嵌照片

旋转、改变密度等处理，在显示器上实施对接、标注，再按需要输出成果。具有快捷方便、能调节图面色调、并可有效缩小误差等功能。

（史绍民）

hangkong zhencha tuxiang fenfa xitong

航空侦察图像分发系统 (aerial reconnaissance image distributing system) 用通信的方式将航空侦察图像信息发送到后续处理和应用单元的系统。具有速度快、信息多、易融合等特点。系统由图像信源编码器、信道编码器、加密装置、调制器和信道等组成。信源编码器的作用在于去除或减少图像的冗余度，提高传输效率。信道编码器用于提高图像信号在信道传输中的抗干扰能力。加密装置用于保护信息安全，可防止图像情报在传输过程中被窃取。调制器的作用是使发送的图像信号频率与传输信道的频率相匹配，提高传输速率。信道是两地间的网络传输通道，可用电话线路、同轴电缆和光纤等构成的有线通信线路，亦可用地面微波接力、卫星中继等无线通信线路。调制的图像信号经过传输，到达收信端，经解调和解码还原成图像信号，由末端设备进行电—光转换，形成可视图像，可在显示器上观看或记录在光盘、磁带、胶片等存储介质上。随着信息、计算机和远程通信等技术领域的不断进步，图像传输技术将向着低成本、宽频带、大容量和高可靠性方向发展。

（刘建平）

hangkong zhencha guanli xitong

航空侦察管理系统 (aerial reconnaissance management system) 对航空侦察设备的状态、注释和控制等信息实施管理的综合系统。是现代航空侦察设备的组成部分。状态信息管理，是对各种侦察设备发出的各类状态信息进行管理，如自检、工作与停止、故障状态等；注释信息管理，是将航空器输出的航高、姿态、时间、经纬度等信息和侦察设备反馈的各种工作状态等信息经计算机处理后，注释在侦察图像上；控制信息管理，是对航空器上安装的各种侦察设备，按侦察计划发出控制指令，使其部分或全部设备按一定的顺序进行工作，如像移补偿、曝光量控制，传输系统等。

（鲍金河）

地空导弹技术

di-kong daodan jishu

地空导弹技术 (ground-to-air missile technology) 直接应用于空军地空导弹装备及其研制、使用、维修等技术的总称。空军技术的组成部分。与火箭、电子、雷达、计算机、信息处理和自动控制等技术密切相关，涉及武器装备检测、维修、防护和战勤保障等综合技术。

主要内容 包括空军地空导弹装备技术、研制技术、使用技术和维修技术。

装备技术 应用在地空导弹装备中的技术。主要包括导弹构造技术、发射技术、制导技术、目标探测跟踪技术和指挥控制技术等。

①导弹构造技术。地空导弹应用火箭技术和引战配合技术对弹体、动力装置、引信、战斗部和发射装置进行综合设计的技术。要求弹体具有良好的空气动力外形，其壳体头部和尾部通常采用圆锥形或抛物线形，中部采用圆柱形。壳体上装有弹翼和舵，用于保持导弹飞行稳定和控制导弹的飞行姿态，一般采用轴对称的“×－×”或“＋－＋”布局。动

力装置多采用固体火箭发动机，或用液体火箭发动机，也有用冲压式发动机或火箭冲压式发动机的，需要时可加助推器。战斗部一般采用普通装药的杀伤战斗部，引信多采用非触发式近炸引信。

②发射技术。指地空导弹发射采用的技术。地空导弹的发射装置多为机动式，也有固定和半固定式。采用随动技术实现倾斜发射，采用推力矢量控制技术和初始自主制导技术实现垂直发射。采用一体化筒（箱）弹设计，集贮存、保养、维护检测和发射于一体，提高可靠性，简化导弹的维护使用。采用多联装发射装置，将导弹的发射装置和制导设备安装在自行式车辆上，提高武器系统的火力强度与机动能力。导弹发射准备和实施依据指控系统的“发射”指令人工或自动完成。

③制导技术。导引与控制地空导弹沿选定导引规律所确定的弹道飞向目标的技术。按制导体制通常分为遥控制导、寻的制导和复合制导3类。广泛应用雷达、电子、计算机、传感器、精密仪器、自动控制和通信等技术。20世纪50年代使用的制导技术是遥控制导中的无线电指令制导技术，如苏联的SA-1、SA-2，美国的“奈基2”等中高空中程导弹。60年代在中低空近程和便携式地空导弹中采用了寻的制导技术，如美国的“红眼睛”、“霍克”，苏联的SA-6、SA-7等。新一代中远程地空导弹为了提高制导精度和实现同时制导多枚导弹射击多个目标，多采用复合制导技术，如美国的“爱国者”，苏联的SA-10、SA-12等。

④目标探测跟踪技术。地空导弹武器系统中对目标和导弹进行探测、定位和跟踪的技术。主要用雷达、光学、光电等探测跟踪设备获取目标和导弹信息。这些设备配置或结合在武器系统中构成有机整体，如苏联的SA-8将雷达、光学设备与导弹发射架装在一起；法国的“响尾蛇”地空导弹武器系统将搜索雷达与武器系统相配套以实现功能上的结合。近程地空导弹武器系统的搜索雷达常与制导、发射装置安装在同一个底盘上，或者单独安装在车上。为拦截低空突防的目标，研制了采用连续波和脉冲多普勒体制的低空搜索雷达，有的还加装光学、光电探测设备。为对付多目标空袭和电子干扰，近程地空导弹武器系统的搜索雷达普遍采用脉冲多普勒体制和边扫描边跟踪、低旁瓣、脉冲压缩、相干数字处理、频率捷变及动目标检测等技术。光电系统被用于在严重电磁干扰下探测跟踪低空目标，加装前视红外装置、微光电视或增配搜索雷达可提高在夜间或复杂电磁环境中的作战能力。20世纪80年代以来投入使用的美国的“爱国者”、苏联的SA-10、日本的TAN-SAM等地空导弹武器系统，采用多功能相控阵雷达来执行多目标搜索、截获、识别、跟踪、指示、制导和抗电子干扰等任务。为拦截战术弹道导弹，地空导弹武器系统还利用卫星定位技术提供目标情报信息。

⑤指挥控制技术。地空导弹武器系统和战术级指挥控制系统应用的技术。地空导弹武器系统中的指挥控制系统，是战术级指挥控制系统的执行终端，是武器系统工作时统一协调各部分工作的枢纽和指挥中心。与之相配套的战术级指挥控制系统除具有一般指挥自动化设备的功能外，还要对各火力单位的武器系统实施直接控制，具有多种外设和众多接口，是一种实施作战指挥的具有一定规模的专用计算机系统，其主机有集中式（中、小型机）、分布式（分散在各处的微处理机、微处理器），也有两者结合的形式。与硬件和外设相比，软件的发展更快，占有更重要的地位。指挥控制技术主要有：空情的综合处理技术，空防作战状态的形象化实时显示技术，威胁判断、目标（火力）分配等智能化辅助决策技术，与人工干预兼容的自适应控制技术，人机界面的优化配置技术，以及作战过程重演和分析评判技术等。核心是数字计算技术在该领域的应用，同时包括远距离遥控技术，宽频带数字传输技术和微波、光纤、卫星等手段的网络化通信保障技术。

研制技术　新型地空导弹装备论证设计、加工制造、装备调试、试飞鉴定和验收试用所采用的技术。如论证设计中的作战效能评估、效费比评估技术，字符设计、制图技术，制造和调试中的精密铸造、无切削加工、数控加工、自动装配线技术，试飞鉴定中的遥测、遥控、外弹道精密测量、数字仿真、半实物仿真技术和靶标研发技术，验收试用中的综合评估技术和可靠性统计评定技术等。为提高研制质量、评估的可信度和节省研发经费，广泛采用以计算机为核心的数字化评估、设计、加工和测试设备，日益强化标准化建设，采取网络化计划调度，严格执行质量管理。

使用技术　地空导弹兵战勤人员操纵使用装备和技术设备的专业技术、技能。分为射击指挥、战斗操作、模拟训练和伪装防护等技术、技能。包括射击指挥中灵活运用指挥自动化系统的各种人机界面，实时人工干预、正确判断威胁的技能；复杂电磁环境中正确识别干扰种类和强度，灵活运用各种探测设备技术体制和工作状态的应变能力；熟练操控制导雷达调转、搜索、跟踪和射击的技能；各种探测设备和发射装置的精确标定和调平技能；模拟训练器及伪装防护器具的使用技术。

维修技术　保持和恢复地空导弹装备良好状态的维护和修理技术。包括在线检测、在线自检、不解体无损探伤、战场抢修和保养自动化等技术。①在线检测技术。不关掉装备使用电源，利用专用检测设备进行故障检测和排除的技术。②在线自检技术。利用兵器本身自检系统进行状态、性能检查和故障定位的技术。③不解体无损探伤技术。包括应用计算技术和故障树理论分析判断故障，应用无损探伤器材不解体检测等技术。④战场抢修技术。包括战场快速换件抢修技术、战场快速分解结合技术、战场武器拼装技术等。⑤保养自动化技术。包括自动擦拭、自动充气（液）、自动换（注）油和维护自动拆、装技术等。

简史　第二次世界大战后期，德国最先研制出“莱茵女儿”等几种地空导弹，虽未经实践使用，却证明了波束制导技术的可行性。20世纪50年代，研制并装备的第一代地空导弹，如美国研制的“奈基”、苏联研制的SA-1和SA-2等，主要是针对当时的中、高空轰炸机和侦察机设计的，采用无线电指令制导技术，电气设备多为电子管等分立元器件，主发动机多采用液体火箭和冲压发动机。制导方式单一，反应时间长，抗干扰能力弱，可靠性差，导弹比较笨重，地面设备复杂。60～70年代，低空、超低空突防威胁的增大，促进了低空和超低空地空导弹的发展，出现第二代地空导弹，代表型号有美国研制的“霍克”、英国研制的“长剑”、法国研制的“响尾蛇”、苏联研制的SA-6、SA-8等。与第一代地空导

弹相比，出现了多种新的制导技术，如主动、半主动寻的制导，复合制导等，采用单脉冲跟踪、动目标处理、频率捷变等多种雷达抗干扰技术和光电结合的探测技术，大量应用集成电子器件和计算机技术，普遍采用先进的固体火箭发动机，改进气动外形，采用多联装筒式发射装置和全系统自动化检测技术等，武器系统的可靠性、自动化水平、低空作战性能和抗电子干扰能力有很大提高。70～80年代，为对付多层次、多方向、多批次饱和攻击，研制了第三代地空导弹，代表型号有美国研制的“爱国者”、苏联研制的SA－10和SA－12等，普遍采用相控阵雷达体制、复合制导技术和多通道技术，运用旁瓣对消、脉冲多普勒低空跟踪等多种抗干扰技术，有的还采用垂直发射技术等，武器系统的作战空域扩大、对付多目标和抗电子干扰能力大大提高。90年代，研制了第四代地空导弹，如美国研制的“爱国者”PAC－3型、德国研制的TLVS等，采用空天一体化的网络信息技术，改进导弹外形设计，采用先进推进技术、末制导技术和直接碰撞杀伤技术等，系统的战术反导和对抗电子干扰、隐身突防以及快速机动能力进一步增强。

展望 进一步提高指挥控制系统的自动化和智能化程度并向完善空天一体化网络技术发展；探索适应对付各种性质、各个空域和多个目标的新的制导技术和制导体制；研发和应用效果优良的自适应雷达抗干扰技术，如脉内频率捷变，极化捷变，双多基地等；采用抗反辐射导弹的有效技术措施，如地面诱饵、多基地，加配近距小高射炮等；采用复合末制导技术，如红外、毫米波双模导引头等。（林 涛 梁志平）

di-kong daodan zhuangbei

地空导弹装备 (ground-to-air missile equipment) 空军地空导弹兵实施防空作战和保障的武器、武器系统和军事技术设备、器材的统称。空军装备的组成部分。分为战斗装备和保障装备。①战斗装备。直接用于对空作战的装备。包括地空导弹武器系统、弹炮结合防空武器系统和自卫用的便携式防空导弹等。地空导弹武器系统由地空导弹、目标搜索跟踪系统、制导系统、发射控制系统、指挥控制系统及其配套的相关设备组成。②保障装备。保障持续、有效地进行对空作战的设备和器材等。分为战斗保障、训练保障和技术保障3类。战斗保障装备包括指挥自动化系统、目标指示雷达和伪装器材等；训练保障装备包括模拟训练器、数字装备和设备、靶标和打靶训练观测及效果评估设备等；技术保障装备包括导弹运输车、油料器材供应车、机械维修工程车、电子维修工程车、数字修理车，中继级、基层级用于装备技术保障的各种仪器、仪表和装具等。

在科技进步的推动下，地空导弹装备将向数字化、自动化和网络化发展，进一步提高快速反应、高机动、同时攻击多目标、信息战和反导能力。

（杨世瑛 贺 飞）

di-kong daodan wuqi xitong

地空导弹武器系统 (ground-to-air missile weapon system) 从地面发射攻击空中目标的导弹武器系统。具有自动化程度高、反应时间短、作战空域大、制导精度和杀伤概率高等特点。

组成 由地空导弹、目标搜索跟踪系统、制导系统、发射控制系统、指挥控制系统、供电设备和技术保障设备等组成。①地空导弹。从地面发射，携带战斗部导向并毁伤空中目标的飞行器。主要由弹体、发动机、战斗部、引信、制导与控制设备等组成。弹体是弹上各种装置的承力结构整体，常用强度高、质量轻的材料制成，并具有良好的空气动力外形，以满足战术技术指标要求的飞行性能和机动性能。②目标搜索跟踪系统。用于搜索、发现、识别和跟踪空中目标，向武器系统的其他设备传递空中目标信息。通常由搜索发现、识别和跟踪等设备组成。搜索发现设备多为专用雷达，有些近程地空导弹武器系统也用光学或光电探测设备；识别设备用于确定目标属性，通常包括敌我识别和目标类型识别设备；目标跟踪设备将所获得的空情进行分析处理后，为制导设备提供目标信息，供指挥员定下决心、实施射击指挥。③制导系统。通过对导弹姿态的控制，实现对导弹质心运动的导引，把导弹引向目标。包括地面制导设备和弹上制导设备。工作时，制导系统连续测定目标和导弹的运动参数，按一定的导引规律确定导弹飞行路线，形成修正导弹弹道的指令，将修正指令与弹体姿态信息综合放大，形成控制信号，驱动舵机改变弹体飞行姿态，控制导弹飞向目标。④发射控制系统。用于装退、支撑和发射导弹。主要由发射装置和发射控制设备组成。发射装置多为机动式，也有固定和半固定式。发射方式有倾斜发射和垂直发射。发射控制设备用于控制导弹发射前的检查、瞄准和发射导弹。⑤指挥控制系统。及时、准确地对获取的空中目标信息进行综合处理，形成具有预测性和结论性的信息，对各组成部分进行作战指挥和火力控制。⑥供电设备。保障地空导弹武器系统工作所需电能。⑦技术保障设备。用于武器系统各组成部分装配、贮存、运输、安装和检查测试及维修。通常包括准备和检查导弹的地面设备和起吊、运输、修理等特种车辆，以及各种模拟训练设备。

分类 各国对地空导弹武器系统分类方法和标准不尽相同。通常，按射高分为高空（大于15千米）、中空（6～15千米）、低空（小于6千米）；按射程分为远程（大于100千米）、中程（20～100千米）、近程（小于20千米）；按同时攻击的目标数量，分为单通道和多通道；按地面机动性分为固定式、半固定式和机动式，其中机动式又分为牵引式、自行式和便携式。随着地空导弹装备和技术的不断发展，其武器系统分类方法和标准还将出现新的变化。

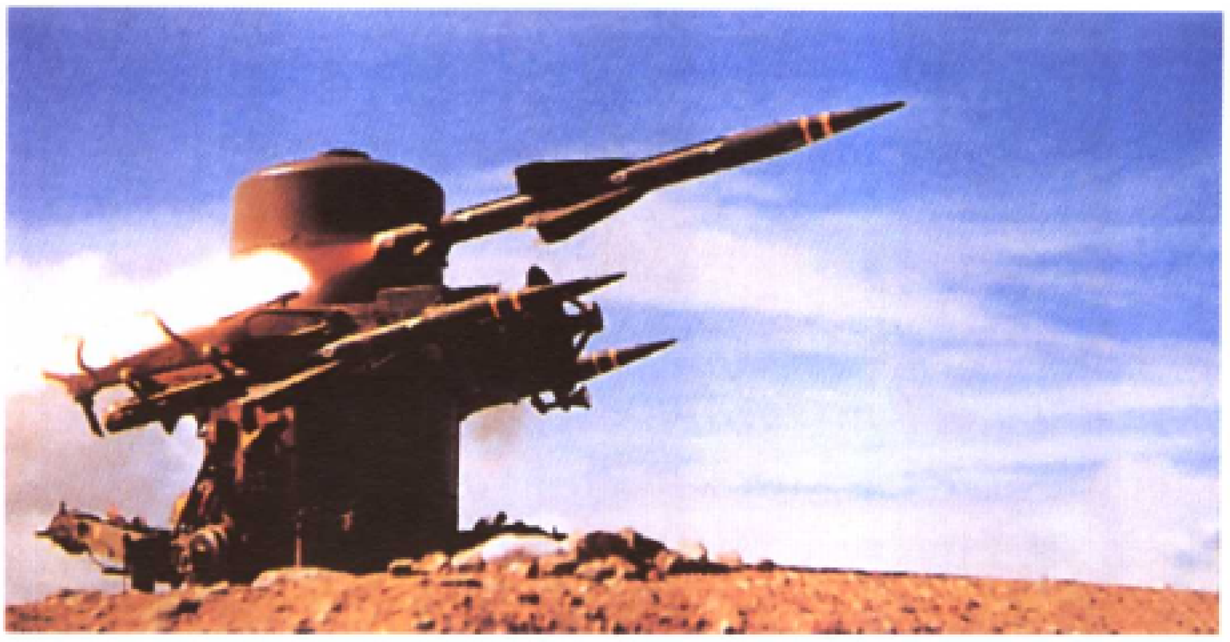
战斗性能 地空导弹武器系统的战斗性能通常是指在对方以不同的空袭密度、使用电子压制、实施机动和其他对抗手段的条件下，地空导弹武器系统战斗准备状态的转换能力，以及毁伤不同航向、距离、高度和速度范围目标的能力。用杀伤空域、杀伤概率、系统反应时间、射击周期、机动性以及全天候和电子对抗能力等综合指标表示。

战斗过程 大体分为4个阶段：搜索、发现、识别和跟踪目标；发射、截获和制导导弹飞向目标；导弹与目标遭遇时起爆战斗部毁伤目标；观察射击效果。无线电指令制导的地空导弹武器系统的战斗过程是：目标指示雷达对空搜索、发现、识别目标，经空情分析处理，通过指挥控制中心传输给制导雷达；制导雷达捕捉目标并转为跟踪状态，连续测定目标运动参数并输入计算机；同

时，发射装置根据目标数据及本身的跟踪规律，将导弹指向所需方向，待目标进入发射区后发射导弹；导弹发射后，制导雷达截获导弹并转为跟踪状态，连续测定目标和导弹的相对运动参数，按优选的导引方法产生制导指令，并通过指令发射设备送到弹上；弹上制导装置将接收到的指令与自身感受到的弹体姿态信息综合放大，形成控制信号，驱动舵面控制导弹飞向目标；在导弹接近目标的过程中，地面制导系统适时发出引信工作指令；当目标处于战斗部杀伤范围时，引信起爆战斗部。

简史　20世纪40年代初，高空轰炸机对各国的防空构成极大威胁，高射炮不能对其实施有效打击。德国、美国、英国等国的防空武器专家提出利用雷达引导可控飞行器的构想，形成了地空导弹的基本设想。德国是最早研制地空导弹的国家，第二次世界大战后期试制了“龙胆草”、“莱茵女儿”、“蝴蝶”和“瀑布”等地空导弹，但未投入使用便战败投降。二战后，美国、苏联、英国等国在德国技术的基础上，各自独立地进行了地空导弹武器的研制工作。50年代，美国、苏联、英国和瑞士等国先后研制并装备了地空导弹武器系统，如美国研制的“波马克”、“奈基2”，英国研制的“警犬”、“雷鸟”，苏联研制的SA-1、SA-2，瑞士研制的“奥利康”等。这一时期装备的地空导弹武器系统，称为第一代地空导弹武器系统。共同特点是：以高空轰炸机、侦察机为主要作战对象，着眼于导弹的高空、远程射击能力；一个武器系统只能射击一个目标；多采用无线电指令制导体制；主发动机为液体火箭发动机，助推级为固体火箭发动机；地面设备复杂庞大，导弹笨重，可靠性差，使用维护复杂；采用固定或半固定发射，机动性差，抗干扰性能差。

20世纪60年代，各种机动性强、低空性能好、电子干扰能力强的飞机大量投入使用，第一代地空导弹的有效性受到挑战。例如在1967年第3次中东战争中，以色列飞机采用低空进入和反导弹机动相结合，成功地避开了埃及SA-2地空导弹的攻击，使得埃及发射的300余枚SA-2地空导弹均无战果。在越南战争中，美军采用不断改进的电子干扰措施，使越军SA-2地空导弹的射击效果逐年降低。因此，各国竞相研制新型的对付低空目标的地空导弹武器系统，包括苏联研制的SA-6、SA-8，英国研制的“长剑”(见图)，法国研制的“响尾蛇”，联邦德国和法国联合研制的“罗兰特”，美国研制的“小槲树”等地空导弹武器系统。与第一代地空导弹武器系统相比，第二代地空导弹武器系统具有低空性能好、导弹机动能力强、制导精度较高、自动化程度高、反应时间短、抗干扰性能较强，可用多个射击单元同时射击多目标的特点。有些型号导弹采用主动、半主动雷达寻的或红外寻的，具有不同程度的“发射后不管”能力。


英国“长剑”地空导弹武器系统

20世纪60～70年代及以后的历次局部战争中，空袭与反空袭对抗的强度大幅度提高，尤其是侦察与反侦察、干扰与反干扰、摧毁与反摧毁、隐身与反隐身等多种电子对抗形式迅速发展，第一、第二代地空导弹武器系统已很难适应作战需求。相控阵、脉冲压缩、脉冲多普勒等新体制雷达和高性能固体推进发动机以及大规模数字集成电路、计算机等技术的发展，也为新型地空导弹提供了必要的技术准备。70年代，美、苏先后研制出第三代地空导弹武器系统，主要型号有美国研制的“爱国者”和苏联研制的C-300。与第二代地空导弹武器系统相比，第三代地空导弹武器系统具有全天候、大空域和攻击多个目标的作战能力；初步具备反巡航导弹和战术弹道导弹能力；采用TVM制导，制导精度高，电子对抗能力强；采用单级高能固体火箭发动机、一体化筒弹结构，速度快、射程远、维护使用简便；系统机动性强、自动化程度高，反应时间短。20世纪末，发展中的第四代地空导弹武器系统，如“爱国者”PAC-3型和C-400，特点是射程更远，射高更高，机动性更强，制导精度更高，并能充分利用C^4I系统提供的信息，提高反导能力。地空导弹武器系统自问世以来，至21世纪初，已有10多个国家研制成百余种型号。

发展趋势　地空导弹武器系统将向空天一体化和信息化方向发展；反战术弹道导弹(包括反空地导弹、反反辐射导弹、反巡航导弹等）将发展更有效的预警系统，解决雷达远程探测、识别问题，实现直接碰撞毁伤的高精度探测与高精度控制；反隐身、抗干扰能力将大为增强，反隐身措施主要在空间域和频率域展开，抗干扰技术采用综合化抗干扰技术、自适应抗干扰技术、最佳抗干扰信息处理技术等；进一步提高抗饱和攻击能力，地空导弹武器系统实现“发射后不管”，一个火力单元能同时对付多个目标或多种不同类型目标。

（彭万钟）

gudingshi di-kong daodan wuqi xitong
固定式地空导弹武器系统 (fixed ground-to-air missile weapon system)
配置在固定阵地上，运输时需拆卸的地空导弹武器系统。分为固定式(如美国的“波马克”）和半固定式（如苏联的SA-5)。多属于高空、远程地空导弹武器系统。主要特点：①地面制导站、导弹发射设备固定置于地面、半地下（壕沟、隧道）及地下井，通常有混凝土掩体，运输时须拆卸。半固定式地空导弹武器系统呈半拆卸状态，需要较长时间准备和拆装才能转移，机动性差。②设备量较多，武器射程远、威力较大，设备笨重、结构复杂。（李宏模）

jidongshi di-kong daodan wuqi xitong
机动式地空导弹武器系统 (mobile ground-to-air missile weapon system)
装载在机动运输车或拖车上，或安装在集装箱式的标准车厢内，可随时实施机动的地空导弹武器系统。多为中近程、中低空地空导弹武器系统。大多数地空导

弹武器系统都属于这一类。具有设备量较少，结构紧凑，功能较单一，机动性能好等特点。可使用轮式或履带式运输车机动，也可使用运输机、直升机空运或空投。如联邦德国和法国联合研制的车载式“罗兰特”地空导弹武器系统。

（李宏模）

bianxieshi di-kong daodan wuqi xitong
便携式地空导弹武器系统 (portable ground-to-air missile weapon system)
单兵或班组携带，以肩扛方式或用发射架发射的小型地空导弹武器系统。是攻击低空、超低空突防的飞机和武装直升机的有效武器。具有体积小，重量轻，射程近，操作简单，使用灵活，便于携带和隐蔽伪装等特点。由导弹、发射筒、瞄准装置、发射装置、地面能源组等构成。导弹由弹体、单通道制导系统、战斗部、动力装置和一次性电池等组成。多数采用被动红外寻的制导，少数采用激光波束和光纤制导。导引头有中红外或近红外，双波段和红外、紫外双色等导引头。发射筒是导弹的密封包装筒和发射导向器。光学瞄准具安装在发射筒上。发射装置包括击发机构、电子组合、敌我识别器等。地面能源组由小型冷却装置和电池组成。20世纪60年代研制并装备部队，如苏联的SA-7、美国的“红眼睛”等。70年代以来不断改进发展，主要是提高抗红外干扰和诱饵的能力，如美国的“毒刺”、苏联的SA-18等。

（李宏模）

danpao jiehe fangkong wuqi xitong
弹炮结合防空武器系统 (missile-gun integrated air defense weapon system)
由地空导弹和高射炮相结合构成的低空近程防空武器系统。综合了地空导弹射击精度高、单发杀伤概率大、射程较远的优点和高射炮快速机动、持续射击、抗干扰能力强、成本低的优点，是抗击低空、超低空目标的有效武器。

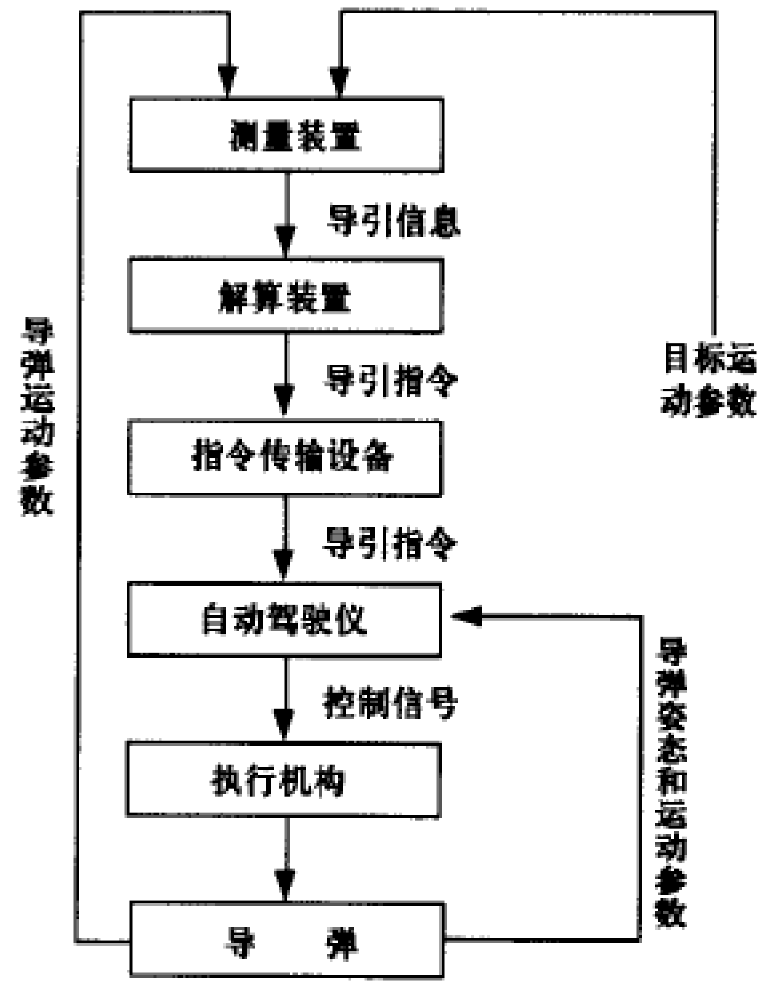
弹炮结合防空武器系统分为两类：①地空导弹、高射炮及其火控设备分开配置，实行统一作战指挥和情报保障的防空武器系统，通常称为“软结合”，主要用于要地防空。②地空导弹、高射炮及其火控设备与车体融为一体的自行式防空武器系统，通常称为“硬结合”，主要用于野战防空。

弹炮结合防空武器系统中，导弹通常为联装的低空近程导弹，射程一般为4～8千米；高射炮通常为多管小口径高射炮或防空火箭炮，射程一般为2～3千米。具有全天候作战能力。整个系统反应时间不超过9秒。自行式弹炮结合防空武器系统能实施行进间射击。苏联1986年服役的“通古斯卡”2S6M弹炮结合防空武器系统，采用2门2A38式30毫米双管自动高射炮，配4 000发炮弹，2个导弹发射架，配8枚9M311导弹，与搜索雷达、跟踪雷达、光学瞄准具、火控及通信等设备结合在一起，装在1辆履带式装甲车上，适合独立机动作战。高射炮最大射程4千米，连发杀伤概率0.60；导弹最大速度900米/秒，能拦截速度为500米/秒的空中目标，最大射高4千米，最大射程8千米，单发杀伤概率0.65。美国1997年交付使用的LAV-A08X8“火焰”（即“运动衫”）弹炮结合防空武器系统，把GAV-12/V型5管25毫米加特林炮（“火焰”炮）和4～8枚便携式导弹（“西北风”、“毒刺”等）合装在轮式或履带式车上。该系统装有数字式火控系统、激光测距仪、前视红外／电视稳定瞄准具及TRS2630雷达等，导弹射程6千米；高射炮射程2.5千米，弹舱内装炮弹400发，车内携带备份炮弹数百发。意大利的“空中卫士／麻雀”弹炮结合防空武器系统中，导弹、高射炮和火控设备分置，导弹射程达13千米。新型弹炮结合防空武器系统多数选用了分别独立攻击目标的导弹和高射炮，导弹一般为“发射后不管”类型，能在短时间内同时攻击多个目标。采用抗电子干扰能力较强的光电火控系统，主要有光学瞄准具、电视／红外跟踪仪和激光测距机等。

弹炮结合防空武器系统将向抗击多种、多个目标和反导弹方向发展，具备抗击巡航导弹的能力、较强的抗电子干扰能力和机动性等。（梁志平）

di-kong daodan zhidao xitong
地空导弹制导系统 (ground-to-air missile guidance system) 导引与控制地空导弹沿选定的导引规律所确定的弹道飞向目标的装置和设备的总称。亦称地空导弹导引与控制系统。地空导弹武器系统的重要组成部分。

组成　通常由探测设备（亦称传感器）、解算装置（亦称指令形成装置或制导计算机）、指令传输设备、自动驾驶仪等组成（见图）。①探测设备。通过无线电、



地空导弹制导系统组成示意图

红外、激光及光电结合的定位仪（如地面的制导雷达和弹上的导引头等），连续测量目标与导弹的坐标或相对运动参数，为解算装置提供初始制导信息。②解算装置。对初始制导信息按选定的导引规律进行处理、解算。由置于地面制导站的制导计算机（无线电指令制导）或弹上的弹载计算机（寻的、自主或波束制导）完成修正导弹航向的制导指令。无线电指令制导的指令还须进行编码，以提高抗干扰能力和对付多目标的需要。③指令传输设备。用于传送制导指令。指令制导系统中，有地面指令发射设备和弹上指令接收设备；寻的和波束制导系统中，制导指令在弹上形成，直接送给自动驾驶仪。④自动驾驶仪。用于将制导指令与自身感受的弹体姿态信息进行综合放大，形成控制信号驱动舵机工作，控制和稳定导弹飞行，由导弹姿态敏感元件、综合装置、放大变换器（亦将后两者合称为综合放大器）和执行机构（舵机）等组成。执行机构是根据从自动驾驶仪的综合放大器送来的控制信号的极性和大小，操纵舵和副翼，稳定或改变导弹姿态，以实现对导弹质心运动的控制和导引。

分类　按制导体制分为遥控、寻的和复合制导系统。①遥控制导系统。由地

面制导设备（亦称制导站）和弹上制导设备两部分组成。工程实现容易，是最早采用的制导方式。多用于中、近程地空导弹。缺点是制导精度随遭遇斜距的增大而下降；无线电指令制导时，易被对方发现而遭受电子干扰和反雷达导弹的攻击。②寻的制导系统。测量装置（导引头）和形成制导指令的计算装置均安装在导弹上的制导系统。制导精度较高，作用距离有限。多用于中、近程地空导弹制导和中、远程地空导弹的末制导段。其中主动、被动寻的制导系统还具有"发射后不管"的能力。③复合制导系统。在不同制导段或在同一制导段中采用两种以上不同制导体制的制导系统。制导精度高，不受距离远近的影响，抗干扰能力强；但设备多，结构复杂，价格高。多用于高命中精度的中、远程地空导弹和反导导弹。

导引规律　地空导弹制导系统在控制导弹攻击目标的飞行过程中所遵循的运动规律。亦称制导规律或导引方法。对导弹的速度、过载、制导精度以及杀伤空域的大小等都有直接影响。导引规律主要有三点法、前置法和比例导引法。①三点法。亦称瞄准线法。导弹在飞行全过程中，始终处于制导站与目标的连线（亦称视线）上，技术上容易实现；弹道比较弯曲，要求导弹有较大的机动过载；不需要目标的距离信息，在遭压制干扰时，可对干扰载机进行射击。主要用于遥控制导系统。②前置法。亦称前置角法。导弹在飞行全过程中，始终超前"视线"一个角度（称前置角）。前置角随着导弹不断接近目标而逐渐减小，至遭遇点变为零。与三点法相比，弹道比较平直，导弹需用过载较小；需要距离参数，易受干扰，反干扰无效时不能对干扰载机射击。主要用于无线电指令制导系统。③比例导引法。亦称比例导航法。在整个制导过程中，导弹速度向量转动角速度与"视线"转动角速度始终保持一定比例。技术上比较容易实现，能对目标进行全向攻击。接近目标时弹道平直，需用过载很小。广泛应用于寻的制导系统。

随着科学技术的进步，地空导弹制导系统将应用最优导引规律，向更高的制导精度、更远的制导距离、更强的抗干扰能力、"发射后不管"、同时对付更多目标和兼顾反导的方向发展。

（高福利）

di-kong daodan fashe xitong

地空导弹发射系统　(ground-to-air missile launching system)　用于支撑、贮存、准备和发射地空导弹的各种装置和设备的总称。地空导弹武器系统的组成部分。主要功能是完成导弹发射准备和按制导系统要求发射导弹。

组成　通常包括发射装置、发射控制设备和运输装填设备。①发射装置。用于支撑、贮存、准备和发射导弹。通常由基座、定向装置和导向装置等组成。基座是支撑发射装置的主体，并与运输设备结合实施发射系统的地面机动；定向装置确定导弹发射时的方向；导向装置主要由导轨和发射筒构成，导弹放置在导向装置上，通常由安全锁定装置锁定，发射时开锁，导弹沿导轨运动。②发射控制设备。主要用于对导弹进行接电准备的控制，使导弹处于待发状态；导弹出现故障时，自行停止接电准备和发射过程；传递相关指令和信号。由发射控制车、发控装置（在发射装置内）、加温设备和电缆等组成。有的与地面制导设备组装在一起。③运输装填设备。用于运输、装退导弹。

分类　①按地面机动方式，分为固定式、半固定式和机动式3种。固定式发射系统主要用于要地防空的远程地空导弹武器系统；半固定式发射系统在发射阵地上展开后，运输装置通常与主体分开；机动式发射系统有自行、牵引、车载和便携式。②按导轨类型，分为敞开式和封闭式2种。封闭式分筒式和箱式，发射筒（箱）又称发射容器。发射容器有3种功能：作为运输箱，导弹置于箱内导轨上，利用缓冲和定位锁定装置固定导弹，防止导弹在运输中因冲击受损；作为贮存箱，箱内有调温设备，密封后可延长贮存期限；作为发射箱，箱内有导轨、安全锁定装置和电缆，并与发射控制设备连接，以实施检查、瞄准和发射。③按导向装置的数量，分为单发装和多联装。

战术技术性能　主要包括工作状态、质量、尺寸、载车类型，射击周期、反应时间、展开和撤收时间，可靠性、可用性及维修性，机动性、防护性、安全性等。

发展趋势　广泛采用联装箱（筒）式、机动式垂直发射，集贮运、发射于一体，反应速度快；设备智能化、模块化、通用化、小型化，功能综合化、控制自动化，设备更轻巧，使用、控制更方便；导弹检测、瞄准、起竖、快速指令转换和导弹快速装填都将实现自动化；进一步提高可靠性、可用性和维修性。

（韩华亭）

di-kong daodan fashe kongzhi shebei

地空导弹发射控制设备　(ground-to-air missile launch-control equipment)　控制地空导弹的接电准备和发射，使导弹准确地射入制导波束的装置的总称。通常由计算机、控制台、监视装置和瞄准装置等组成。主要用于对导弹射击诸元装定和校验；按程序使导弹进入待发状态，并实施监视；控制发动机点火或启动弹射装置工作，实施导弹发射；当发射不成功时，及时断开弹上供电电源，停止发射导弹，并对出现故障的导弹进行隔离等。

按发射方式，分为倾斜、垂直和便携式发射控制设备。①倾斜发射控制设备。根据制导系统的指令，进行高低和方位调转跟踪，或装定高低和方位发射角，赋予导弹初始射向。发射设备复杂，发射时要考虑人员、装备和建筑物的安全，隐蔽伪装比较困难。②垂直发射控制设备。将导弹竖立为90°，并保证导弹的垂直精度，减少导弹攻击目标时机动过载偏大。发射控制设备占用空间小，可提高防护能力、快速反应能力和连续作战能力，机动性好。③便携式发射控制设备。用于指示和截获目标，判断发射时机，确定发射方式和发出发射指令。

有些导弹发射控制设备与综合测试设备构成一体，有些导弹发射控制设备的某些部分与制导站组装在一起。主要性能：导弹接电准备完毕时间、导弹准备最长时间、导弹连续发射最小时间间隔、导弹连续准备工作时间。倾斜发射控制设备战术技术性能还有发射禁区范围、接通或断开同步信号的误差角、发射导弹的高低角范围、发射架的最大调转时间和到协调位置的振荡次数。

第一代地空导弹的发射控制设备，主要控制单联装倾斜发射的导弹，采用继电器逻辑控制和电子管电路，设备比较笨重，如苏联研制的SA-2地空导弹的发射控制设备。第二代地空导弹的发射控制设备，主要控制多联装导弹的垂直或倾斜发射，采用分立逻辑元件、继



苏联C－300地空导弹发射控制设备　　吴成杰摄

电器和计算机，初步实现设备小型化，如法国“响尾蛇”地空导弹的发射控制设备。第三代地空导弹的发射控制设备集多功能于一体，实现多联装导弹的垂直或倾斜发射，如苏联C－300地空导弹的发射控制设备(见图)。地空导弹发射控制设备将向多功能、小型化、操作检测自动化和故障诊断智能化发展。

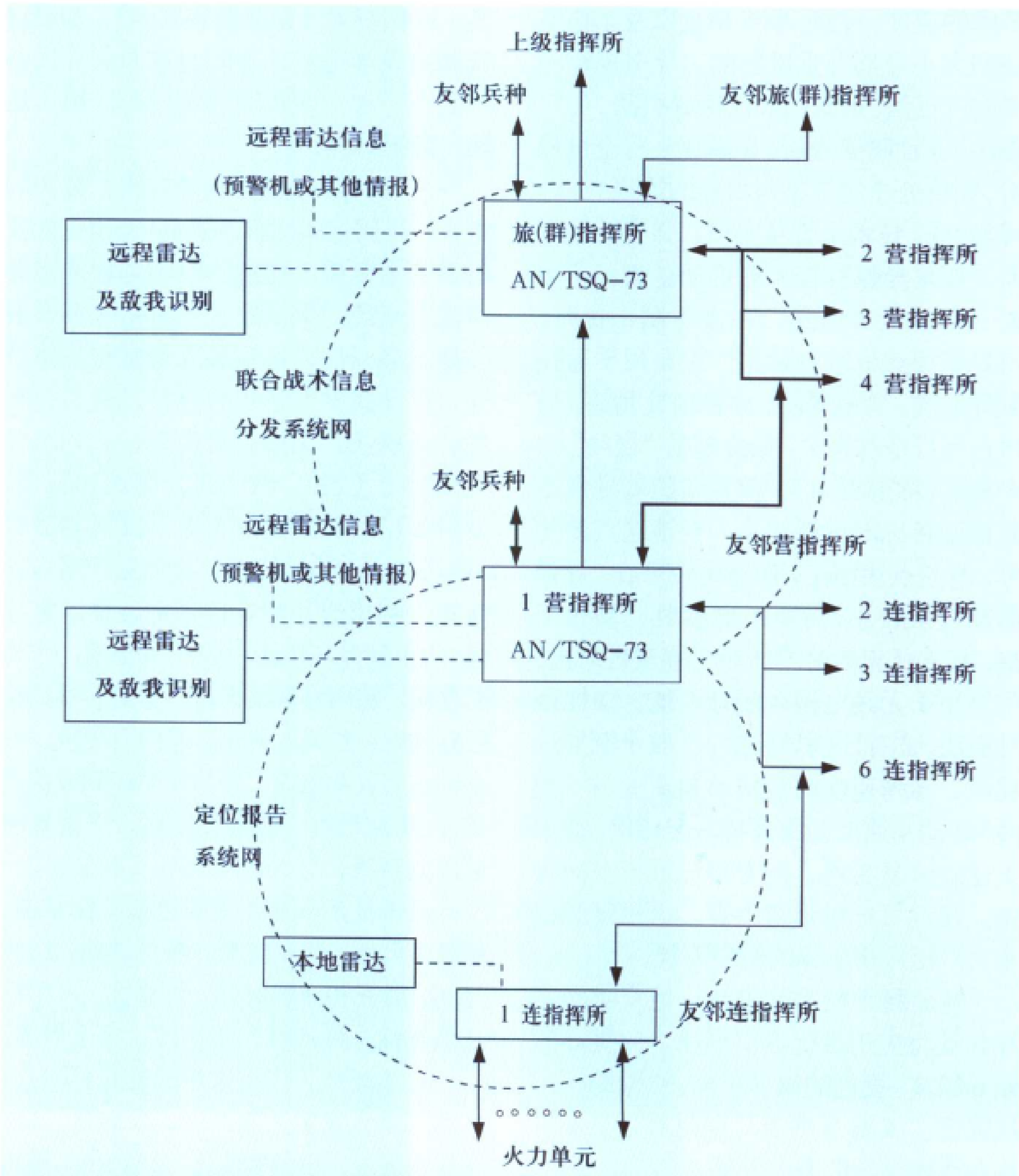
（王　洁）

di-kong daodan zhihui kongzhi xitong
地空导弹指挥控制系统 (ground-to-air missile command and control system)
综合运用以计算机为核心的各种技术设备，获取、收集、传输、处理作战信息，协调装备战斗运用，保证对部队指挥和武器控制的人机系统。现代地空导弹指挥控制系统由战术级指挥控制系统与火力分队的指挥控制系统(即武器系统中的指挥控制系统)构成。两者相配套、相互交联，担负的任务不同，但组成和功能大体相同。

组成　通常由指挥控制计算机、探测跟踪设备、通信设备，显示控制、记录设备，空情接口等组成。①指挥控制计算机。实施作战指挥和装备操控的专用数字计算机。应用软件按功能可分为作战使用、测试维护、模拟训练等软件。作战使用软件包括空情综合处理、威胁判断、辅助决策、目标／火力分配、文档管理、记录重演等软件。②探测跟踪设备。指系统本身的雷达及其配有的目标指示雷达、低空补盲雷达、辅助的光学／光电探测跟踪装置和敌我识别器等。③通信设备。包括对上、对下的有线、无线通信设备和数传、图传设备等。④显示控制、记录设备。包括远方、近方空情显示器，作战过程和杀伤范围显示器，操控台和战斗过程记录及重演设备等。⑤空情接口。包括情报总分站、侦察卫星、预警机及其他友邻情报源等相互间的信息接口。

基本功能　①自动接收上级命令，上报战斗准备和实施情况，与友邻部队信息互通。②搜索跟踪空中目标，进行敌我识别，综合处理多源空情，显示目标航迹和运动参数，建立空中态势。③辅助指挥员和战勤人员进行目标属性及威胁程度判断，计算射击诸元，优化目标(火力)分配、射击程序，为指挥员提供决策依据，实施直接或越级指挥控制。④控制或越级控制制导雷达指向和导弹发射及判断射击效果。⑤分析判断电子对抗和信息对抗态势，采取有效反对抗措施。⑥进行战况记录、重演和模拟训练。⑦存贮、检索作战文书、资料和数据。⑧实施功能检测、故障定位、降级运用和多种指挥控制手段的转换。

简史　早期的地空导弹指挥控制系统仅限武器系统本身的指挥控制，其功能有限。20世纪80年代后，随着空防态势的变化和科技进步，地空导弹武器系统的指挥控制系统与战术级指挥控制系统相配套、相交联，形成一个整体，而且自动化程度得到很大提高，如美国研制的“爱国者”AN/MSQ-104指挥控制系统；研制了战术级指挥控制系统，与武器系统相配套，如苏联研制的83M6E战术级指挥控制系统也是与C－300武器系统的指挥控制系统相配套。有的指挥



美军地空导弹指挥控制系统构成示意图

控制系统既可用于战术部队，也可用于多种型号的武器系统，如美国的AN/TSQ－73指挥控制系统，可用于“霍克”、“霍克”改进型和“罗兰特”等武器系统（见图）。

发展趋势 提高指挥控制的有效性、快速性、互通性和抗毁性，确保在未来高技术防空作战中对武器系统实施不间断的指挥和控制。各武器系统的指挥控制系统向网络化方向发展，通过上一级指挥控制系统形成地域指挥控制网，实现空域互补、信息共享和互联互控，以提高指挥控制的有效性；扩大空情来源，增大预警范围，减少情报传递延迟时间，提高情报精度，以满足反导的需要；提高机动能力、电子对抗和防“病毒”能力，强化容错和伪装措施，并将探测跟踪雷达与发射平台分开配置，以提高生存能力；设备向通用化、系列化、模块化发展，以提高系统的可靠性、维修性和经济性，并为网络化提供技术和物质基础。

（贺　飞　杨世瑛）

di-kong daodan mubiao sousuo gen-zong xitong

地空导弹目标搜索跟踪系统 (ground-to-air missile target acquisition and tracking system) 用于搜索、发现、识别和跟踪空中目标，测量目标坐标和运动参数并向地空导弹制导系统传递空中目标信息成套设备的总称。按设备特征，分为雷达、光学和光电探测跟踪设备3种。按工作方式，分为主动式和被动式两类。

组成 由探测设备、识别设备和指示操控设备等组成。①探测设备。用于搜索、发现空中目标和对目标、导弹进行跟踪、测量。在全天候的武器系统中，通常以雷达为主，辅以光学、光电等探测设备；在晴天候的武器系统中，只用光学、光电探测设备。有的仅装备跟踪制导雷达(有一定搜索能力)，有的还配有搜索雷达(跟踪雷达搜索性能差)，有的是集搜索、跟踪、照射等为一体的多功能雷达，具有良好的搜索、跟踪性能。光学探测设备有望远镜、瞄准镜等；光电探测设备有电视、红外等跟踪仪和测距机等。②识别设备。用于判别目标的属性和类型。属性识别主要靠敌我识别器；类型识别主要由分辨率高的具有频率、极化、波形识别功能的雷达和光学、光电探测器等。③指示操控设备。通常由目标信息内、外处理接口和处理、显示、操控设备组成。信息处理器接收武器系统内的搜索雷达和外来的空情信息，经综合处理，送至置于跟踪雷达和指控系统的空情显示器和操控台完成战勤操控。

性能 包括探测、跟踪范围，测量精度，反应时间，对付多目标能力，抗干扰性能和机动性等。

简史 20世纪50年代，地空导弹目标搜索跟踪系统仅为一部雷达，有一定的搜索能力，只能对单个中高空目标和3枚导弹的跟踪、测量，抗干扰能力差。70年代后装备的地空导弹武器系统，有的采用边扫描边跟踪技术，有的增加了搜索雷达，以提高制导雷达的搜索能力；为提高低空探测性能，雷达采用连续波或脉冲多普勒体制；为提高电子对抗能力，采用全相参频率捷变、单脉冲、低副瓣、旁瓣对消和动目标检测等技术；采用相控阵天线，以减少反应时间，提高对付多目标、抗干扰能力和实现多功能。现代地空导弹武器系统的探测跟踪雷达均采用先进的多功能相控阵雷达。如美国研制的“爱国者”、苏联研制的C－300等，具有快速灵活的搜索能力，能同时掌握百余批目标；同时制导3～12枚导弹，拦截3～6个目标。

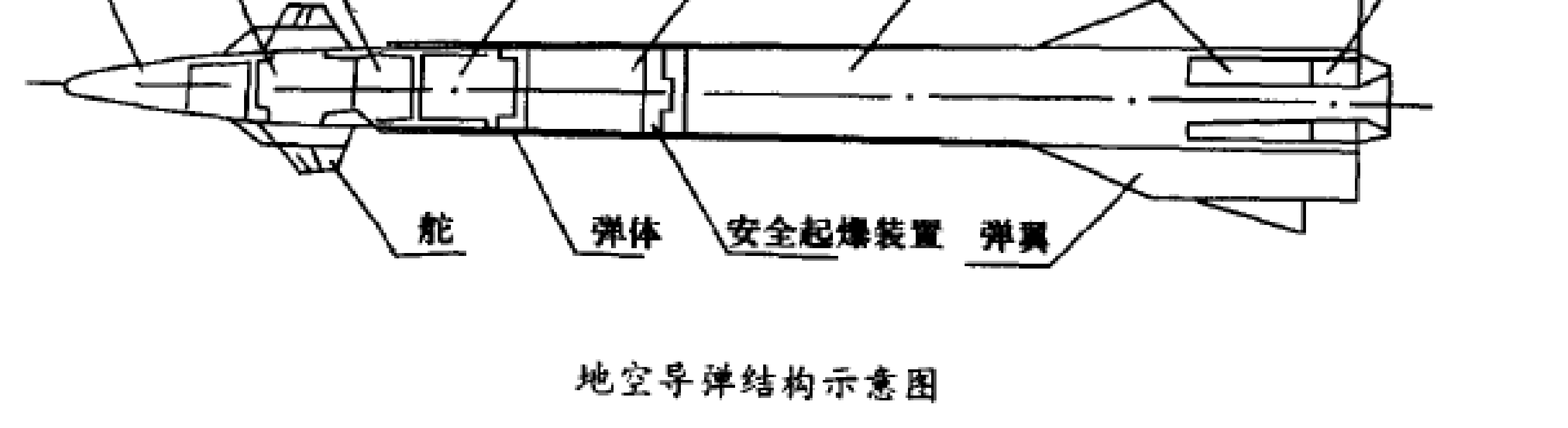
展望 开发新的探测跟踪体制和新的工作频段；普遍采用多功能相控阵雷达，增强对付多目标的能力、电子对抗能力和目标识别能力；为适应反导的需要，研发与侦察卫星、预警机、远程警戒雷达等远方空情源沟通的信息接收和处理设备。

（贺　飞）

di-kong daodan

地空导弹 (ground-to-air missile) 从地面发射，毁伤空中目标的导弹。亦称防空导弹。地空导弹武器系统中直接杀伤目标的部分。

组成 主要由弹体、动力装置、弹上制导设备、战斗部、引信、电源和气源或液压能源设备等组成（见图）。①弹体。由壳体和空气动力面组成。壳体用于安装战斗部、弹上制导设备、动力装置和电源、气源等设备。其头部和尾部通常呈圆锥形或抛物线形，中部呈圆柱形。空气动力面装在壳体上，在与气流发生相互作用时，产生控制和稳定导弹飞行的力和力矩。地空导弹的气动外形指导弹的弹体与空气动力面的配置形式。按空气动力面安装的部位和作用的不同，弹体的气动外形沿弹体周向配置的形式有“＋”形、“×”形和“－”形，沿弹体纵轴的配置形式通常有正常式、鸭式、无尾式、旋转弹翼式和无翼式等。弹体具有良好的空气动力性能，重量轻，有足够的强度和刚度。②动力装置。发动机及其附件的统称。用于保障导弹必要的飞行速度和射程。地空导弹多采用固体火箭发动机，有的也采用液体火箭发动机、冲压发动机或固体火箭冲压组合发动机。有些地空导弹除主航发动机外，还装有起飞发动机(又称助推器)。③弹上制导设备。由制导装置与控制装置组成。寻的制导的制导装置是导引头，一般包括探测设备和计算变换设备，测量导弹与目标的相对位置和速度，计算实际飞行弹道与理论弹道的偏差，给出消除偏差的指令信号。无线电指令制导系统的弹上制导装置是无线电控制仪。控制装置通常称自动驾驶仪，由敏感装置、综合设备、放大变换装置和执行机构组成，根据制导装置给出的制导指令信号和导弹的姿态和质心运动信息形成综合控制信号，再由执行机构调整控制导弹的姿态或运动直至命中目标。采用寻的制导时，制导设备全部安装在弹上；采用无线电指令制导时，制导设备大部分安装在地面制导雷



地空导弹结构示意图

达上。控制装置必须安装在弹上，以控制导弹飞行和实现导弹的自动稳定。④战斗部。用于直接杀伤目标的部件。地空导弹战斗部多为杀伤战斗部。杀伤战斗部可分为无控破片杀伤战斗部、可控破片杀伤战斗部、连续杆杀伤战斗部和多聚能杀伤战斗部等。由装填物、壳体和传爆系列等组成。装填物是破坏目标的能源和工质，主要有炸药或核装料；壳体是装载装填物的容器，也是连接战斗部其他零部件的基体。传爆系列由主传爆药柱、辅助传爆药柱和扩爆药柱等组成。⑤引信。适时引爆战斗部的引爆装置。多采用近炸引信，也有用触发（碰撞）引信。引信里设有安全保险机构。传爆系列是能量放大器，作用是把引信给出的引爆信号转变为主装药爆炸所需能量。⑥电源、气源。多用高能电池和高压气瓶并附有分配装置。

分类 按射高，分为高空(大于15千米)、中空(6～15千米)、低空(小于6千米)。按射程，分为远程(大于100千米)、中程(20～100千米)、近程(小于20千米)。按制导体制，分为遥控、寻的、复合制导等。按用途，分为反气动目标、反弹道导弹目标和两者兼顾的地空导弹。按包装类型，分为裸式、筒式、箱式等。

性能 通常指在敌方以不同的空袭密度、使用电子压制、实施机动和其他对抗手段的条件下，战斗准备状态的转换能力，以及杀伤不同航向、距离、高度和速度范围目标的能力。主要性能：导弹的几何尺寸、起飞重量、最大推力、最大飞行速度与机动过载、最大飞行时间、杀伤目标的特性、各种射击条件下的杀伤概率与杀伤空域、制导体制、导引方法及作战环境条件等。

作战过程 以无线电指令制导的地空导弹为例，作战过程分为：发射准备、发射、制导飞行、导弹与目标遭遇等阶段。目标飞临制导系统一定距离，导弹进入发射准备阶段，给导弹接通电源，对于采用变角倾斜发射的导弹，要使发射架按一定规律跟踪瞄准，导弹指向所需方向；目标进入导弹发射区时，发射导弹；导弹起飞后，经初始自由飞行，进入引导波束；导弹接收到制导指令后，将其与自身感受到的弹体姿态信息和运动进行综合、放大，形成控制信号，驱动舵机控制导弹飞向目标；导弹距目标一定距离时，接到制导系统的引信工作指令，引信开始工作；导弹处于战斗部有效杀伤范围时，引信起爆战斗部，毁伤目标；导弹穿过目标而因故未爆炸，引信根据预定的规律适时起爆战斗部，使导弹在空中自毁。

发展趋势 制导体制从单一制导体制向复合制导体制发展。如中远程地空导弹，可采用指令制导加自动寻的制导，二者取长补短，提高导弹的作用距离和命中精度；采用毫米波和红外成像导引头和导弹推力矢量控制，提高制导精度，以实现直接碰撞杀伤目标；采用高能推进剂固体火箭发动机或固冲组合发动机推进技术和无翼式气动外形设计，提高飞行速度和升阻比，扩大作战空域；采用筒弹，集贮存、运输、发射功能于一身，使用、维护方便，提高可靠性。

（彭万钟）

di-kong daodan danti

地空导弹弹体 (ground-to-air missile body) 安装、连接和保护地空导弹内部装置和设备的结构体。具有良好气动外形和足够的刚度、强度及稳定性，以承受导弹在运载、操作和飞行中的内、外载荷。通常由壳体和空气动力面组成。

壳体 弹上各种仪器设备的装载容器，各种空气动力面、助推器连接和固定的基体。通常由导引舱、仪器舱、战斗部舱、燃料舱、发动机舱和尾舱等舱段组成。①导引舱。用于保持导弹头部良好的空气动力外形，并安装导引头、引信等。一般位于导弹的头部，外形多为抛物线形或圆锥形。寻的制导导弹的整流罩为高强度非金属材料，能透过与导引头相同波段的电磁波。②仪器舱。用于安装弹上仪器。按所处部位，有截锥和圆筒两种形式。结构材料一般选用铝、镁合金，能承受轴向载荷和弯矩。为便于安装仪器和检查操作，在舱体上开有舱口，仪器通过安装支架或座板固定在舱壁桁条或隔框上。③战斗部舱。用于安装战斗部，属于桁条式结构。为保证战斗部的杀伤效果，常选用较薄的硬铝作蒙皮。④燃料舱。用于液体火箭发动机贮存和供给燃料。包括氧化剂舱和燃烧剂舱，能承受内压和导弹飞行时的外载荷。箱体结构材料多为耐腐蚀的高强度铝合金，具有良好的密封性。⑤发动机舱。用于安装液体或固体火箭发动机。安装固体火箭发动机时，舱体为推力室。材料多为耐高温的优质合金钢。⑥尾舱。主要起整流作用。材料为硬铝或超硬铝，喷口一般采用耐热不锈钢、石墨或复合材料。

空气动力面 用于产生控制和稳定导弹飞行的力和力矩。安装在壳体上，分为活动式和固定式两种。活动式空气动力面由控制导弹飞行方向的舵面和改变与稳定导弹滚动力矩的副翼等组成；固定式空气动力面用于稳定导弹和产生升力，以支持导弹质量和实现平稳的机动飞行，由主翼、前翼和稳定尾翼等组成。空气动力面有梯形、矩形和三角形，一般按“+”形或“×”形或“一”形布局。按照空气动力面安装的部位和作用，气动外形通常分为正常式、鸭式、无尾式、旋转弹翼式和无翼式。空气动力面采用高强度材料，具有良好的气动性能。

发展趋势 采用新材料、新工艺和新的结构设计，减轻弹体结构重量和提高弹体结构性能；采用隐身技术，提高突防能力。

（韩晓明）

di-kong daodan danti jiegou

地空导弹弹体结构 (ground-to-air missile body structure) 地空导弹弹体构成形式。亦称结构形式。用来维持导弹的外形，承受运输、发射和飞行中的各种载荷，容纳和安装导弹各空气动力面、战斗部、弹上推进系统、制导系统以及其他辅助设备，并将弹上的所有系统和组件连成一个整体。包括壳体结构形式和空气动力面结构形式两类。

壳体结构形式 通常由若干舱段组合而成。如导引舱、仪器舱、战斗部舱、发动机舱和尾舱等，有时也按序列称为1、2、3、4舱等。有些简单的近射程地空导弹的壳体不分舱段，除整流罩外，是一个完整的壳。多级导弹的壳体按火箭分级，并有便于连接和分离的级间段。

各舱的壳体因内部装载物和外部连接件的不同而采取不同的形式。一般有硬壳式、半硬壳式、整体壁板式、夹层式和整体复合材料式等。①硬壳式结构。由隔框和较厚的蒙皮构成，结构简单，加工较易，气动性能好，多用于小型导弹和导引舱的中后部。②半硬壳式结构。由隔框、桁条构成骨架，再蒙上较薄的蒙皮。与硬壳式结构相比，加工较难，但便于内

部安装多个仪器、设备和前后连接，通常用于仪器舱和过渡段。③整体壁板式结构。用铸造、锻造和机加工等方法，在内表面形成纵、横向加强肋的壁板拼焊而成。刚度、强度高，零部件少，外表光滑，气动性能好。适用于受力情况复杂和刚度要求较高的舱段。④夹层式结构。内、外为高强度薄板，中间为蜂窝状等轻型夹心层。适用于头部壳体及段内隔热板等。⑤整体复合材料式结构。用高硅氧、碳或尼龙等纤维织物与树脂等材料，通过缠绕、铺层、模压等工艺一次成型。具有强度高、耐振动冲击、抗疲劳、耐腐蚀、耐高温等特性。可用于各舱段，如固体火箭发动机壳体、舱口盖和整流罩等。

空气动力面结构形式　一般分为梁式和整体式两种结构形式。①梁式结构。由翼梁、桁条、蒙皮、翼肋、纵墙以及连接件组成。翼梁是主要承力构件。优点为内部空间较大，易于安装附件（如舵机），接头少，安装和拆卸方便。缺点是铆钉较多，表面光滑度不高。②整体式结构。有实心式和壁板式两种。实心式适合做尺寸小的舵面和前翼；壁板式适宜做导弹的主翼，结构简单，气动外形好，便于加工。　（杨　云）

di-kong daodan danyi

地空导弹弹翼　(ground-to-air missile wing)　地空导弹弹体上各种空气动力面的总称。用于产生力和力矩，支持导弹的质量和实现机动飞行。包括主翼、舵面、前翼、副翼和稳定尾翼等。形状有梯形、矩形和三角形等。①主翼。导弹飞行中产生升力的空气动力面。一般由4片相互垂直且呈“×”形或“+”形配置的翼面组成。②舵面。亦称控制面。简称舵。用于控制和稳定导弹飞行。“+”形布局的可按功能分为俯仰舵、偏航舵和副翼舵。舵面转轴应在压力中心的所有可能位置的前面。③前翼。亦称反安定面。用于减小导弹的静稳定度，提高可控性。一般由4片组成，呈“×”形或“+”形配置，安装在弹体头部。④副翼。产生和稳定导弹滚动力矩的可控空气动力面。一般由2片组成。副翼的偏转为差动式，以此产生滚动力矩，控制地空导弹的滚动方向。⑤稳定尾翼。亦称安定面。用于在初始飞行段增大导弹的静稳定度，稳定导弹飞行。一般由4片组成，呈“×”形或“+”形配置。通常安装在距导弹质心较远的尾部，以产生足够的恢复力矩和阻尼力矩。

对地空导弹弹翼的基本要求是：保证导弹有良好的气动外形和飞行性能；在满足可靠使用的情况下，结构尽量简单；在满足强度、刚度要求的条件下，力求重量更轻；在导弹贮存和使用过程中便于操作；有良好的工艺性与经济性；具有防腐蚀、防霉菌、耐老化能力和耐热、隔热能力。　（杨　云）

di-kong daodan dongli zhuangzhi

地空导弹动力装置　(ground-to-air missile dynamic equipment)　为地空导弹飞行提供动力源的装置。亦称地空导弹推进系统。

组成与分类　通常由喷气发动机和推进剂供应系统两大部分组成。

喷气发动机　按使用工质（工作介质）不同，分为火箭发动机、空气喷气发动机。地空导弹上使用的喷气发动机主要是化学火箭发动机，分为液体火箭发动机、固体火箭发动机；也有使用空气喷气发动机的，如冲压发动机和火箭冲压发动机。①液体火箭发动机。使用液态物质作为推进剂。根据推进剂物理性能，分为可贮存推进剂、低温推进剂液体火箭发动机；根据点火方式，分为自燃推进剂、非自燃推进剂液体火箭发动机；根据推进剂组元，分为单组元、双组元和三组元推进剂液体火箭发动机。共同特点：比冲高、适应性强，工作时间长，调节推力大小和控制推力向量比较容易，能多次启动，但结构复杂、操作使用不便，发射准备时间长。②固体火箭发动机。使用固体推进剂。特点：推进剂密度大，结构简单紧凑、使用方便，发射准备时间短，比冲较低，工作时间短，推力偏差大，关机精度差。③冲压发动机。利用迎面高速空气流进入发动机后的冲压作用来增压。特点：结构简单，无转动部件，质量小，推力质量比大，特别适合于超音速飞行，但需在助推器启动下，使导弹达到一定速度后，才能有效工作。④火箭冲压发动机。由火箭发动机与冲压发动机组成。特点：比冲高于火箭发动机，经济性好；单位迎面推力高于冲压发动机，工作范围宽，能适应较大机动飞行，结构紧凑、尺寸小、质量小、推力质量比大，有广阔发展前景。

推进剂供应系统　包括推进剂贮箱、输送管道及贮箱增压系统等。采用液体火箭发动机时，有2～3套供应系统分别存放、输送燃烧剂、氧化剂和涡轮推进剂；采用空气喷气发动机时，一般为一套供应系统；采用固体火箭发动机时，无需供应系统，将推进剂制成药柱直接置于发动机燃烧室。

简史　1903年，俄国的K.E.齐奥尔科夫斯基提出液体火箭发动机的设想。1926年，美国的R.H.戈达德研制成用液氧和汽油作推进剂的液体火箭发动机。第二次世界大战期间，德国研制成液氧和酒精作推进剂的液体火箭发动机，用于V－2导弹。第一代地空导弹推进系统多采用液体火箭发动机和固体火箭发动机两级动力方式。20世纪40年代，聚硫橡胶和过氯酸铵复合推进剂研制成功，加速了固体火箭的发展。20世纪70年代中期，在第二代地空导弹中，广泛采用了固体推进系统。

发展趋势　化学火箭发动机特别是固体火箭发动机，技术比较成熟，仍将是地空导弹主要的推进系统。新一代固体火箭发动机将具有高性能、低信号特征，高适应性和便于维护等特点。固体火箭发动机在技术上的发展表现在：采用高能推进剂，改善燃烧性能，采用新材料、新工艺和新的结构设计，以减轻发动机的重量和提高飞行器的性能。

（张志峰）

huojian fadongji

火箭发动机　(rocket engine)　自带能源和工质（工作介质），不依赖外界介质（空气）工作的喷气发动机。火箭、导弹和航天器使用的主要发动机。可分为化学、核、电火箭发动机等。

①化学火箭发动机。采用火箭推进剂在燃烧室中将化学能转化为热能，生成高温高压燃气，经喷管膨胀加速喷出而产生推力的发动机。可分为液体火箭发动机、固体火箭发动机。液体火箭发动机比冲较高，工作时间长，可多次启动，使用范围广。固体火箭发动机的优点是结构简单，贮存和使用维护方便。

②核火箭发动机。利用核反应或放射性物质衰变放出的能量加热工质（如液氢等），工质经喷管膨胀以高速喷出产生

推力的火箭发动机。优点是比冲高，工作时间长，只用一种工质。可作航天器的动力装置。

③电火箭发动机。利用电能加速工质(如氢、氮、氨和铯、锂、铷等)的火箭发动机。特点是比冲高，工作时间长，但推力较小。

现代火箭技术是从20世纪50年代后期发展起来的，已有多种型号、不同用途的固体和液体火箭发动机。化学火箭发动机技术成熟，应用广泛，是航天器、运载火箭和导弹的主要发动机。将朝着高性能、高适应性、长寿命、能重复使用和便于维护的方向发展。由电磁辐射量子(光子)的定向流产生推力的光子火箭发动机尚在探索中。（张志峰）

guti huojian-chongya fadongji

固体火箭－冲压发动机 (solid rocket-ram engine) 由固体火箭发动机与冲压空气喷气发动机构成的组合发动机。由进气扩压器、燃气发生器、补燃室和尾喷管等组成。工作过程：迎面空气流经进气扩压器滞止至亚音速而提高其压力；火箭发动机的贫氧固体推进剂在燃气发生器中进行第一次燃烧产生贫氧燃气，经发生器的喷管以音速或超音速射流进入补燃室；贫氧燃气(温度在1 100℃以上)与经扩压器来的冲压空气进行引射、增压和掺混；在补燃室进行二次燃烧；燃烧产物经尾喷管膨胀加速，高速喷出，产生推力。采用的贫氧固体推进剂成分中，实际含氧量远远低于推进剂中可燃元素完全燃烧所需的含氧量。为提高比冲，贫氧推进剂中含有氧化剂的数量(百分数)应尽量少，但贫氧程度必须保持贫氧固体推进剂自持燃烧的最低限度。通过设计改变装药药型和调节发动机进气量，可以控制发动机的推力。主要优点：比冲高于火箭发动机，能在较长时间内提供续航推力。结构简单，工作可靠，使用维护方便。是地空导弹、巡航导弹、空地导弹和超音速反舰导弹增加射程、提高末速或降低发射质量等方面，应用广泛的动力装置。20世纪50年代末，苏联率先用于SA－6地空导弹。（李旭昌）

di-kong daodan yinzhan xitong

地空导弹引战系统 (ground-to-air missile fuze warhead system) 地空导弹引信、战斗部和安全执行机构的总称。直接摧毁和杀伤目标的有效载荷。

基本要求　在非战斗状态和飞行过程中引信解除保险前要保证安全可靠，不能引爆战斗部；安全执行机构按规定程序解除保险后，导弹接近目标时能适时引爆战斗部；引信具有抗干扰能力，避免早炸，具有适当调整延迟引爆时间的能力；战斗部与引信配合效率最佳；保证导弹有自毁功能。

组成和功能　①战斗部。用于直接杀伤目标的部件。一般由壳体、战斗装药和传爆系列等组成。在全弹结构布局中多位于弹的头部，有的也位于中部。多采用预制破片杀伤式战斗部，利用高能炸药爆炸时产生的能量使壳体破碎，形成并释放高速运动的金属破片作为主要毁伤元素。优点是有效杀伤半径大，破片杀伤性能好。②引信。适时引爆战斗部的装置。通常由敏感装置、信号处理电路、执行机构、保险机构、自毁装置等组成。能感受接触目标时的机械能或接近目标时的声、光、电、磁等物理场能量的变化，或按照装定时间，或接收外部指令等方式，在战斗部发挥最大毁伤效果的位置上，适时引爆战斗部，形成对目标最大的杀伤效果。当导弹偏离预定弹道或未能命中目标时还能保证导弹自毁，利于保密和安全。③安全执行机构。保证战斗部在贮存、运输、维护和发射过程中的安全；在导弹发射之后至进入目标区域以前逐级解除保险，使引信处于待炸状态；接通引信系统输出的执行信号，适时起爆战斗部。

为在给定目标与战斗部交会条件下选择最佳爆炸时机，实现最佳毁伤效果，引信与战斗部必须互相配合，简称引战配合。引信引爆战斗部的适时性常用引战配合效率来度量。引战配合效率指引信适时起爆战斗部，以使战斗部尽可能杀伤目标的程度。配用近炸引信和杀伤战斗部的地空导弹，要求引信启动区与战斗部的最佳起爆区重合。随着科学技术的发展，地空导弹引信向着激光引信、毫米波引信以及全固化、集成化、智能化方向发展，引信干扰技术向复合调制引信体制及自适应方向发展。战斗部向增大破片数、提高破片初速和控制破片质量的方向发展，并大力发展定向战斗部，以提高对目标的毁伤能力。（简金蕾）

di-kong daodan yinxin

地空导弹引信 (ground-to-air missile fuze) 见地空导弹引战系统。

di-kong daodan zhandoubu

地空导弹战斗部 (ground-to-air missile warhead) 见地空导弹引战系统。

di-kong daodan danshang zhidao shebei

地空导弹弹上制导设备 (guidance equipment on ground-to-air missile) 装在地空导弹上的导引、控制设备的总称。包括无线电指令制导、寻的制导、复合制导的弹上制导设备。①无线电指令制导的弹上制导设备。主要由无线电控制仪和自动驾驶仪组成。制导站向导弹发出询问信号，弹上无线电控制仪收到询问信号后向制导站发回应答信号；制导站在测得目标与导弹的坐标参数后，根据导引规律形成并发出控制制导指令，弹上指令接收装置收到后，指令信号经译码器译码，产生控制导弹飞行的指令电压信号送到自动驾驶仪。自动驾驶仪的作用是消除导弹绕纵轴的滚动角，阻尼导弹绕质心的振荡，限制导弹的横向过载，使导弹的姿态角和质心运动保持稳定，接收控制指令，控制导弹的飞行姿态，使导弹按导引弹道飞行。自动驾驶仪由稳定回路和控制回路分别完成稳定与控制导弹飞行的任务。②寻的制导的弹上制导设备。主要由导引头和自动驾驶仪组成。导引头通过探测装置接收从目标反射或辐射的能量，实现对目标的搜索、捕捉和跟踪，测量出目标与导弹的相对位置及运动参数等信息，经指令计算装置处理后，并依据给定的导引规律，形成制导指令，送到自动驾驶仪，控制导弹飞行。③复合制导的弹上制导设备。复合制导的末段采用寻的制导，中段采用遥控制导、捷联惯性制导或GPS制导等。（万少松）

daoyintou

导引头 (guiding head) 直接感受目标辐射或反射的信息，进行跟踪测量，产生制导信号的装置。亦称自动导引装置。安装在导弹头部。用于截获、跟踪目标，连续测量目标位置及运动信息，按给定的导引规律输出制导信号。

按接收能量的手段和物理场，可分

为雷达、电视(图1)和红外、激光(图2)、毫米波等导引头。按作用原理，可分为主动式、被动式和半主动式导引头。主动式导引头照射目标的装置位于弹上的导引头中，当导引头截获目标并转入正常跟踪后，可独立完成制导，无需导弹以外的任何系统参与。半主动式导引头照射目标的装置设在导弹之外。被动式导引头只直接感受目标自身辐射或散射的能量。

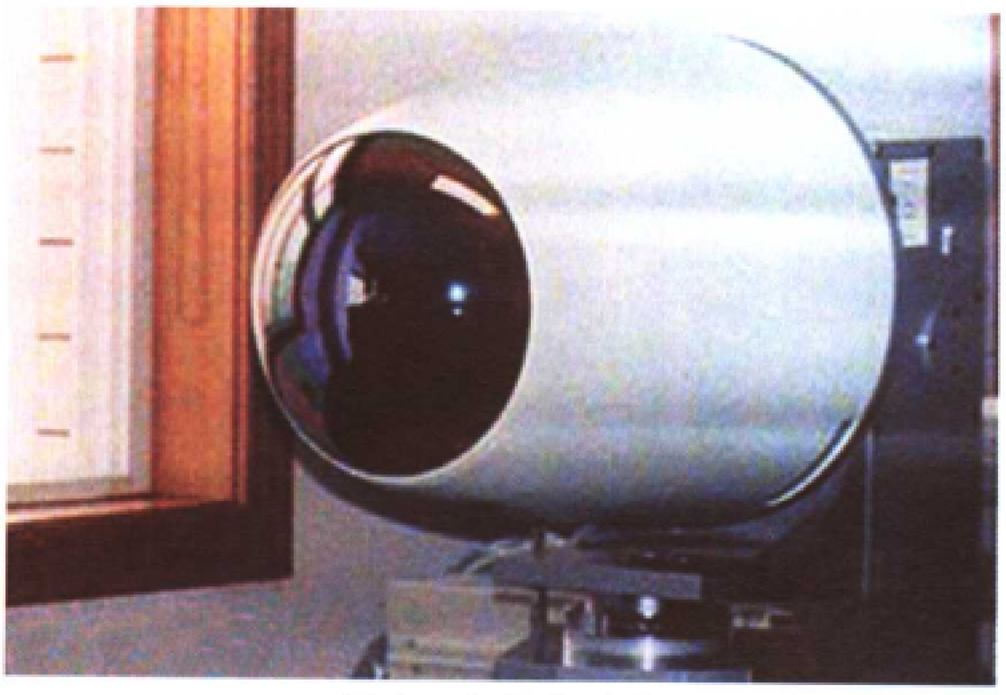


图1 电视导引头

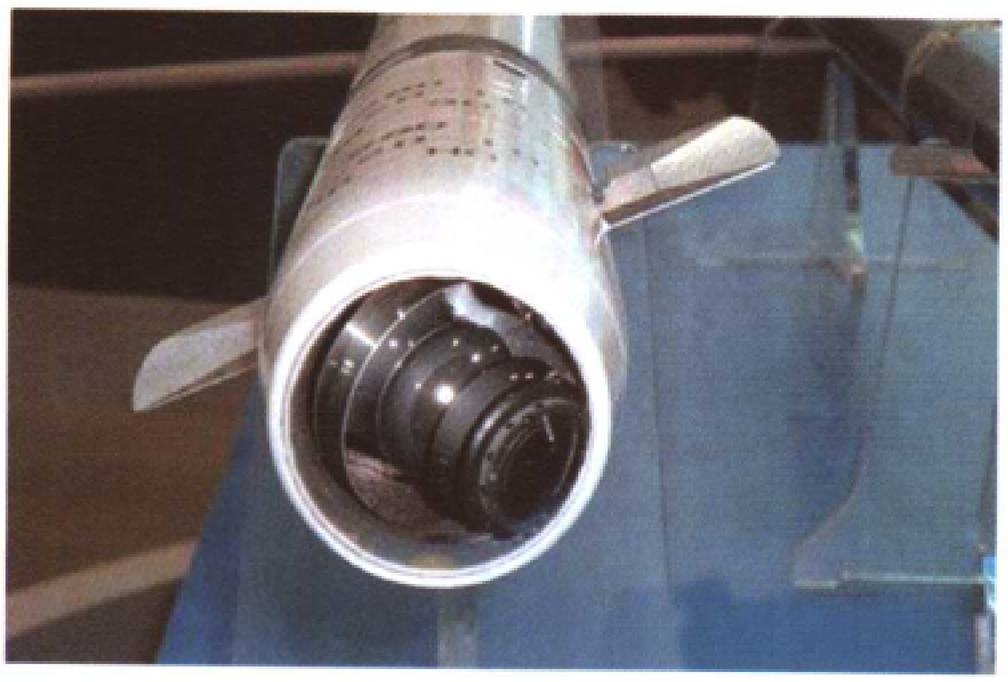


图2 激光导引头

导引头通常由位标器和指令计算装置组成。①位标器。根据角度、距离、速度和能量等特性，自动搜索、捕捉和跟踪目标，输出有关导弹与目标的相对运动信息。②指令计算装置。处理运动信息，依据给定的导引规律，与有关信息综合处理后，形成制导指令，通过自动驾驶仪操纵舵面，使导弹飞向目标。有些导弹导引头具有对所需目标的图像和景象的生成能力。有的导引头具有对导弹角速度的解耦能力，避免导弹运动过程中对导引头所探测的有关参数的扰动影响，确保测量精度。

各种新体制的导引头，如红外成像、毫米波成像导引头将得到广泛应用。多模复合体制将得到发展，以提高信息量和抗干扰能力。

(任宏滨)

zidong daoyin zhuangzhi

自动导引装置 (auto seeker) 见导引头。

di-kong daodan wuxiandian kongzhiyi

地空导弹无线电控制仪 (ground-to-air missile radio control equipment) 地空导弹无线电指令制导系统中，弹上接收控制指令和询问信号并发回应答信号的装置。主要由收发天线、指令接收机、译码器、应答发射机等组成。指令接收机经接收天线接收地面制导站发送的高频指令信号，经变换形成视频脉冲；译码器完成信道译码、信源译码和询问信号的识别，形成指令电压，控制导弹飞行和引信末级解锁、起爆；应答发射机经发射天线不断地发回应答信号。

工作过程 地面制导站按设计的指令编码结构向导弹发出询问信号和指令信号。询问信号通常采用脉冲编码，实现对多枚导弹的控制。在采用应答式观测时，利用二次雷达的工作原理，由制导雷达通过无线电波道向弹上无线电控制探测系统发出一组询问信号，无线电控制探测系统接收并译出编码询问信号后，用编码或非编码的方式发出应答信号；在脉冲测距时，测量雷达通过发出的询问信号和接收到的回答信号实现导弹的定位。在导弹系统中，控制指令分为连续指令和一次指令。连续指令由地面制导站发送，被弹上无线电控制探测系统接收，译出后形成控制导弹飞行的信号，通过自动驾驶仪控制舵机转动，改变导弹飞行路线。一次指令在整个导引过程中只发出一次。无线电控制探测系统接收和译出一次指令后，控制导弹引信开始工作的时间(解锁)，使引信处于待爆状态；或在导弹偏离预定弹道以及没有命中目标时实施自毁；或控制复合制导中各种制导方式间的交接班等。

发展趋势 将微处理机或单片机引入无线电控制探测系统，研制灵活通用的可编程译码器，通过改写软件就可适应不同型号任务的要求；与其他测量、控制、通信系统共用一个信道，组成统一测控系统，简化设备，提高系统可靠性；采用先进的信息处理方式和多路信号传输方法以及多频应答体制等，提高系统的整体性能和抗干扰能力；采用功率合成技术、声表面波技术，使无线电控制探测系统进一步小型化、固态化，减小体积与功耗；弹上天线向微带天线及“共”形天线发展，改善气动性能，简化结构设计。

(任宏滨)

di-kong daodan yingdaji

地空导弹应答机 (ground-to-air missile responder) 按接收的询问信号发出射频应答信号的弹上装置。亦称应答发射机。是地空导弹无线电控制仪的组成部分。用于导弹的应答式识别和测量定位。通常由天线、接收机、解调器和振荡器组成。应答机与地面制导雷达一起构成二次雷达系统，以增大雷达对导弹的作用距离。在体积、质量允许的条件下应尽量提高应答功率，以提高制导站对导弹运动参数的测量精度和抗干扰能力。应答机按照工作体制、信号波形、接收及发射频率、应用场合的不同，可分为相干或非相干应答机，脉冲或连续波应答机，单频或多频应答机，同频或异频应答机等。

(任宏滨)

di-kong daodan zidong jiashiyi

地空导弹自动驾驶仪 (ground-to-air missile autopilot) 安装在导弹上用以稳定导弹飞行姿态，并按控制指令控制导弹飞行的装置。用于消除导弹绕纵轴的滚动角，控制导弹按规定的角度进行滚动；阻尼导弹绕质心的振荡；限制导弹横向过载；接收控制指令，控制导弹沿理论弹道飞行。

地空导弹自动驾驶仪由敏感装置、综合放大装置、校正装置和执行机构等组成。①敏感装置。通常由自由陀螺、速率陀螺和加速度表组成，分别用于测量导弹的姿态角、姿态角速度和线加速度。②综合放大装置。用于对敏感装置测量的导弹信息、控制指令和舵面的反馈信息进行综合，形成对导弹的综合控制指令。③校正装置。用以改善系统的调整品质，提高系统的稳定性和快速性。④执行机构。根据综合控制指令的大小和极性控制相应回路的舵面偏转，在空气动力

作用下产生操纵力矩，使导弹改变飞行姿态，控制导弹飞行。通常采用三通道自动驾驶仪，其中一个通道为控制导弹绕纵轴运动的滚动控制通道，另两个通道为相互正交的侧向控制通道，分别称滚动稳定回路和侧向稳定控制回路(或侧向回路)。"+"形布局的导弹侧向控制通道，又可分别称俯仰通道和偏航通道；侧向稳定控制回路，分别称俯仰稳定控制回路和偏航稳定控制回路。自动驾驶仪也有采用双通道或单通道的(如"-"形布局的导弹)。地空导弹自动驾驶仪将向数字和智能化发展，实现随环境变化自动改变系统结构和参数的自适应控制，使系统按规定的指标达到最优化。

(马计房)

di-kong daodan duo xitong

地空导弹舵系统 (ground-to-air missile rudder control system) 控制地空导弹舵面和副翼偏转角随输入控制信号变化的伺服系统。通常由综合放大器、舵机和操纵机构组成。具备满足控制系统提出的最大舵偏角和最大舵偏速度；能输出足够大的操纵力和操纵力矩，以适应外界负载的变化，并在最大气动铰链力矩状态下具有一定的舵偏角速度；对舵面反操纵作用具有有效的制动能力；具有足够的带宽，以满足弹上飞行控制系统快速性的需要；体积小、重量轻、比功率大、成本低、可靠性高及使用维护方便。

按反馈形式，分为位置反馈和速度反馈、气动铰链力矩反馈和开环等舵系统。按差动形式，分为机械差动和电差动舵系统。按执行机构能源，分为液压、气压、燃气、电动等舵系统。①液压舵系统。多用于中、远程地空导弹。特点是体积小，比功率大，频带宽，快速性好，负载刚度高，但制造和维护费用高。②气压舵系统。多用于中程地空导弹，也可用于远程地空导弹。特点是结构简单，造价低廉，消耗能源少，但负载刚度低，频带窄，快速性差。③燃气舵系统。适用于近程地空导弹。特点是重量轻，体积小，快速性好，成本低，但燃气舵机的电磁机构在高温和燃气的污染下工作寿命短。④电动舵系统。多用于近程地空导弹。特点是能源单一，结构简单，工艺性好，可靠性高，使用维护方便，成本低廉，但快速性差。

液压舵系统由综合放大器、液压舵机及反馈电路组成。综合放大器的作用是对输入信号和反馈信号进行比较，产生误差信号，经电压放大和功率放大后，送给液压舵机。液压舵机由电控液体伺服阀、作动筒以及反馈电位计组成。液体流量与作动筒活塞线速度成正比。活塞的直线往复运动通过操纵机构变成舵面的旋转运动。反馈电位计装在作动筒内，由舵机的活塞杆带动，反馈电位计输出信号与活塞线位移成正比，并在综合放大器中与输入信号进行综合。

(何广军)

di-kong daodan duoji

地空导弹舵机 (ground-to-air missile steering gear) 地空导弹舵系统中，用于操纵舵面和副翼偏转的执行装置。通常由放大—变换器和驱动装置组成。放大—变换器是各种控制阀门，驱动装置一般是作动筒。舵机按能源，可分为液压舵机、气压舵机、燃气舵机及电动舵机等。液压舵机以高压液体为能源，通常有滑阀式和喷嘴式等类型。气压舵机以压缩空气为能源。燃气舵机以弹上燃气发生器产生的燃气为能源。电动舵机以电力为能源，多用于近程地空导弹。

(何广军)

zhidao leida

制导雷达 (guidance radar) 导引和控制地空导弹飞向目标的专用多功能雷达。用于搜索发现、识别、跟踪测量和照射目标，计算射击诸元，控制导弹准备和发射、截获导弹、跟踪测量导弹，形成并发射导弹飞行控制指令和各种状态控制指令，显示射击效果。主要特点是测量精度高，自动化程度高，多目标能力强，电子对抗能力强。

现代制导雷达通常由同步、发射、天馈线、接收、目标导弹跟踪、数据处理、显示、射击指挥、指令计算、指令发射、控制检查以及天线伺服等系统组成。同步系统用于产生各种定时脉冲，保证雷达各系统协调一致地工作。发射系统在同步系统的控制下，产生大功率高频探测脉冲。天馈线系统将发射系统产生的大功率高频脉冲送往天线，由天线定向辐射到空中，并接收目标回波，送往接收系统。接收系统对目标回波进行高频放大、混频和中频放大。目标导弹跟踪系统根据检测的目标信号和导弹应答信号测量目标和导弹坐标参数。数据处理系统根据多次扫描数据形成目标航迹，进行威胁判断。显示系统用于显示信号处理系统和数据处理系统送来的信号和数据，为操作人员实时提供全面的空情，以确定作战方案。射击指挥系统用于计算目标的发射数据，如杀伤近界、杀伤远界、遭遇距离、目标在杀伤区的停留时间等。指令计算系统根据预定的导引方法和测定的目标、导弹运动参数，形成导弹的飞行控制指令和导弹状态控制指令等。指令发射系统对导弹指令进行编码和调制，并通过发射系统发送给导弹。控制检查系统用于检查制导雷达的技术状态和工作状态。天线伺服系统用于控制天线转动，保证天线始终对准目标和导弹。

地空导弹制导雷达的发展趋势是：开发新频段，采用单脉冲、频率捷变、极化捷变等先进体制和多功能、低旁瓣的相控阵天线，提高测角精度、角度分辨率及抗各种掩护、压制干扰以及角度、距离和速度欺骗干扰的能力；对导弹的控制指令采用频率键控法传送，增强指令抗干扰能力；采用有线和无线两种通信方式与导弹发射控制系统联系，使用多种工作频率和采用循环码进行信息传递，增强发射控制的抗干扰能力。

(杨 峰)

mubiao zhishi leida

目标指示雷达 (acquisition radar) 为空军地面防空兵部队作战提供近方空情并为火力单元指示目标的雷达。

按探测范围，分为高空远程、中高空中远程、中低空中近程、低空近程等目标指示雷达；按配属单位，分为师、旅、团和营目标指示雷达。主要战术技术性能包括最大探测距离、覆盖高度、探测精度、分辨率(距离、角度)、工作频段、工作体制、抗干扰能力、空情容量、数据率和高机动性等。近方情报网中各部雷达的工作频率范围彼此尽可能不重复，并远离火控雷达的工作频段，配置一定比例的有利于反隐身的低频段雷达，以增强整体电子对抗能力。

目标指示雷达主要为三坐标雷达，采用相控阵天线，全相参、频率捷变、脉冲压缩、脉冲多普勒等先进体制和自适应动

目标检测、边搜索边跟踪、雷达诱饵及先进的信号处理、显示和多功能控制技术。其探测范围、精度、分辨率、空情容量、数据率、机动能力和电子对抗能力与各级指挥自动化系统和各种类型的武器系统相适应。担负拦截战术空地和地地导弹任务的部队配备性能与近程预警雷达相当的高空远程目标指示雷达；担负拦截巡航导弹任务的武器系统配备脉冲多普勒体制、超低空探测性能好的低空近程目标指示雷达。目标指示雷达还应具有良好的环境适应性，能工作于高海拔、大风速、高盐雾的阵地，具有较高的可靠性、维修性及相应的机动能力等。

（贺 飞 李承统）

di-kong daodan wuqi xitong gongdian shebei

地空导弹武器系统供电设备 (power supply equipment of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统中各分系统供电设备的总称。用于产生、变换和分配电能。包括弹上供电设备和地面供电设备。①弹上供电设备。用于保障导弹各设备工作用电。按各用电器要求产生不同参数的电能，输送给相应的用电器；按时间程序接通或断开预定电路。一般由电源设备和配电设备等组成。电源设备包括一次和二次电源。一次电源由其他能源控制其工作，通常有化学电源和物理电源两种。化学电源即通常说的电池，常用的有自激活电池、碱性锌锰电池、银锌电池等。物理电源有用燃气涡轮与发电机组成的涡轮发电机等。二次电源的电能由一次电源变换而来。根据用电器的不同要求，有各种不同参数的二次电源。常用的二次电源设备有变流机、电子换流器和稳压器等。配电设备包括弹上电缆网和各种配电器。②地面供电设备。用于在地空导弹阵地给导弹和地面设备供电。主要有发电设备和变流设备。发电设备（一次电源）有汽油发电机组、柴油发电机组和燃气涡轮发电机组。由国家电力网供电时，发电机组作为备用。变流设备（二次电源）主要有交、直流变流机和高频交流静止变频机等，将一次电源转换为不同电压、频率的交流电和不同电压的直流电，满足地面设备和导弹等用电的需要。供电设备多数装在专用车上，成为移动电站。 （王 莉）

di-kong daodan wuqi xitong jishu baozhang shebei

地空导弹武器系统技术保障设备 (technical support equipment of ground-to-air missile weapon system) 用于地空导弹武器系统技术保障的各种设备的总称。包括装配、加注、运输、贮存、安装设备，检测设备和维修设备。①装配、加注、运输、贮存和安装设备。主要用于地空导弹武器装备的启封、对接、运输、安装和保管。装配设备由专用吊车、吊具、装配台和工艺拖车等组成。使用液体推进剂的导弹配有压缩空气的生成、充填以及推进剂的贮运、加注和中和冲洗设备。导弹的火工品通常配备特殊的工艺装具。运输设备用于武器系统中其他非自行部分的转运，多由牵引车、拖车或半拖车实施运输和武器系统的地面机动。②检测设备。亦称测试设备。用于对武器系统有关部分进行功能性检查测试。通常按作战使用和维护保养的不同需求，采用不同方式分层次设置。按武器系统组成，分为导弹、雷达和发射系统检测设备等。按功能，分为电子检测设备和机械检测设备。电子检测设备用于武器系统中电子设备（如电子插件板等）的故障检测；机械检测设备用于武器系统中机械设备的故障检测。③维修设备。用于对武器系统的维护修理。地空导弹武器系统技术保障日趋简化，技术保障设备日趋自动化、通用化并实现多层次分级设置，且数量大为减少。 （万少松）

di-kong daodan ceshi shebei

地空导弹测试设备 (ground-to-air missile test equipment) 见地空导弹武器系统技术保障设备。

di-kong daodan zhuangpei shebei

地空导弹装配设备 (ground-to-air missile assembly equipment) 见地空导弹武器系统技术保障设备。

di-kong daodan jiazhu shebei

地空导弹加注设备 (storage, transportation and fueling equipment for liquid propellant of ground-to-air missile) 为地空导弹加注、贮存和运输液体推进剂的专用设备的统称。包括燃烧剂加注车、氧化剂加注车、燃烧剂运输车、氧化剂运输车、中和冲洗车、空气加温器、中和冲洗架及化验设备等。①燃烧剂加注车。内设两套独立工作的定量装置，分别向导弹定量加注燃烧剂和驱动导弹涡轮泵工作的涡轮推进剂。②氧化剂加注车。用于向导弹定量加注氧化剂。③燃烧剂运输车和氧化剂运输车。用于运输、贮存以及转注推进剂。主要由槽罐及管路系统、泵及输送系统、操作系统等组成。④中和冲洗车。用于中和、冲洗反向作业后残留在导弹推进剂贮箱内或其他机件上的推进剂，也是灭火的专用设备。主要由水箱、碱液箱、泡沫液箱、加温系统和液压系统等组成。⑤空气加温器。用于烘干冲洗后的导弹。主要由热交换装置、电气设备和附件等组成。⑥中和冲洗架。用于放置排出氧化剂、燃烧剂，并拆下主翼、战斗部和仪器的二级火箭，使二级火箭绕纵轴旋转和俯仰一定角度，以便放出涡轮推进剂，进行中和、冲洗和烘干推进剂贮箱及其导管。⑦化验设备。用于定期化验检查氧化剂、燃烧剂及涡轮推进剂的质量。由玻璃仪器、计量仪器、药品及电光分析天平等组成。 （李旭昌）

di-kong daodan qiyuan shebei

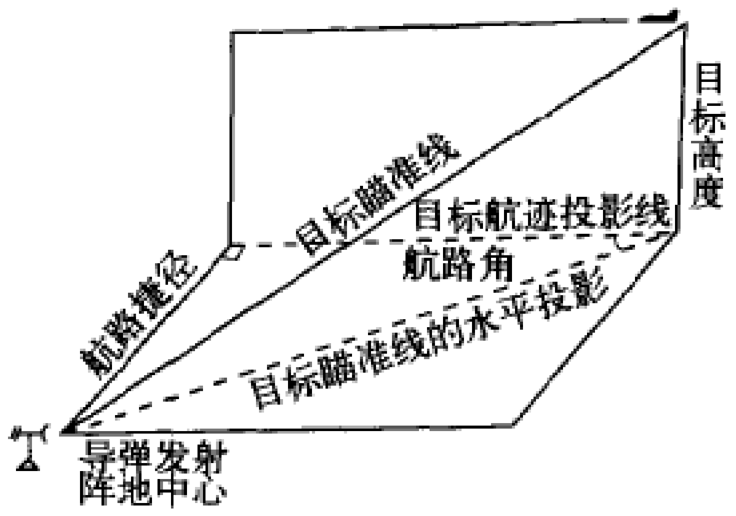
地空导弹气源设备 (ground-to-air missile air supply equipment) 为地空导弹产生、供给压缩空气的设备。由制气设备、贮气设备和检测仪器组成。①制气设备。包括空气压缩机、空气管路和载车等。空气压缩机通常采用单作用活塞式结构，用于产生数百个大气压的压缩空气。空气管路由冷却、滤清、除湿、除油装置及控制阀门等组成。用于冷却压缩空气，分离、过滤、吸附压缩空气中的水分、油质和机械杂质，使压缩空气的质量符合导弹的使用要求。②贮气设备。主要由气瓶组、配气装置和载车组成。用于贮存和输送压缩空气，及时向导弹及其他设备充气和供气，以减少压缩机开机的次数，延长其使用寿命。③检测仪器。在压缩机向导弹或向贮气设备供气之前，由自动光电式检测仪通过降露法（对被测气体进行冷却，使其饱和降露）测量压缩气体的湿度。 （王银学）

di-kong daodan wuqi xitong zhanshu jishu xingneng

地空导弹武器系统战术技术性能 (tactical/technical performance of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武

器系统的作战能力和基本技术特性的总称。是地空导弹武器系统研制、定型和作战使用的基本依据。以多项定性、定量的系统和分系统性能指标或要求具体表述。

地空导弹武器系统战术技术性能通常包括：①可拦截的目标类型。如各种军用飞机、直升机、空地导弹、战术弹道导弹和巡航导弹等。②杀伤区。武器系统不低于某一给定的概率杀伤目标的空间范围。通常以杀伤区远界、近界、高界、低界、最大高低角、最大航路角和最大航路捷径等特征参数表示。航路捷径是由地空导弹发射阵地的中心到空中目标航迹的投影线切线的垂直距离



航路捷径

(见图)，是确定能否进行发射的重要参数。③杀伤概率。通常用对单个目标发射一发导弹的杀伤概率来度量。④搜索、发现和跟踪目标的能力。主要由搜索和制导雷达的探测距离、范围、测量精度和分辨率等体现。由最大探测距离、最大仰角、最小仰角和方位角范围等表征。测量目标精度指对目标参数（如距离、方位角、仰角、速度等）的测量值偏离其实际值的误差。按误差的性质，通常分为系统误差和随机误差。分辨率指区分相邻目标的能力，包括距离分辨率、角度分辨率和速度分辨率等。距离分辨率指目标处于同一角度，在距离上区分相邻目标的能力。角度分辨率指目标处于同一距离，在角度上区分相邻目标的能力。速度分辨率指在径向速度上区分目标的能力。分辨率主要取决于雷达的脉冲宽度、波束宽度和光电探测设备像素的多少，以及相邻目标对探测设备的反射或辐射特性。⑤同时对付多目标能力。指装备同时搜索、监视、跟踪、射击多个或多种类型目标的能力。通常用目标数量表示。⑥反应时间。地空导弹武器系统从发现目标到发射第一枚导弹所需的最短时间。一般包括发现识别目标、判断空情、求测射击诸元、稳定跟踪、定下射击决心、射击准备、发射等时间。⑦导弹可用过载。在导弹给定飞行条件下，导弹舵的偏转角最大时获得的法向过载。表示导弹的最大机动能力。通常用过载系数表示。⑧电子对抗能力。武器系统为清除或降低电子干扰的不良影响，保持其固有的作战效能的能力。包括反电子干扰的技术、战术措施的针对性、有效性和兼容性。⑨制导体制。武器系统对导弹进行导引、控制的方式和手段。如无线电指令制导、寻的制导和复合制导等。复合制导通常以简化、明确的方式表示，如捷联惯性制导＋无线电指令＋主动雷达寻的。⑩机动能力。主要指标有武器系统在全额战勤人员配备情况下，展开、撤收时间；车辆的行进和越野性能；装备外形尺寸和质量是否符合桥梁、道路的运输限制；输送装备的准备时间等。⑪可靠性。武器系统在规定的工作、维修、使用条件和时间内，完成规定功能的能力。分为基本可靠性和任务可靠性。通常用平均故障间隔时间表征。⑫维修性。武器系统保持和恢复到能完成规定功能的能力。分为维修性定性要求和定量要求。定性要求主要包括：可达性，标准化和互换程度，防差错措施及识别标记；保证维修安全；检测诊断准确、迅速；减少维修内容和降低维修技能要求；符合维修人机工程要求等。通常用平均修复时间表征。⑬保障性。武器系统的设计特性和配套的保障资源，保障装备处于完好状态的能力。通常以可用度、平均延误时间等指标来衡量。⑭导弹发射方式。导弹发射时所处的状态和采用的技术手段。如倾斜发射、垂直发射。⑮使用环境。武器系统所处的自然环境、诱发环境和核、生物、化学等特殊环境。通常用环境温度、湿度、风速、冲击振动强度等环境因素以及防护措施来衡量。⑯安全性。武器系统在寿命周期各环节、各阶段，对保证人员、环境和自身（含硬件、软件、信息等）安全所具备的措施及能力。⑰可操作性。战勤人员使用、操作装备的方便、准确、快速和灵活性等。

随着科学技术的进步和作战需求的发展，地空导弹武器系统的战术技术性能将不断完善，性能指标将更加科学、全面和易于检验。

（王兴安　王学敏）

di-kong daodan shashangqu

地空导弹杀伤区 (ground-to-air missile damage area)　地空导弹以不低于某一给定的概率毁伤目标的空间区域。地空导弹武器系统重要综合战术技术性能之一。主要特征参数有杀伤区远界、近界、高界、低界、侧界、最大高低角、最大航路角和最大航路捷径等。其形状和大小取决于武器系统性能、目标特性、射击条件和给定的杀伤概率值等。杀伤区的空间形状比较复杂，通常用水平杀伤区和垂直杀伤区表示。用给定高度的水平面切割杀伤区得到的剖面为水平杀伤区（图1）；用通过航路捷径等于零的垂直平面切割杀伤区得到的剖面为垂直杀伤区（图2）。根据导弹与目标遭遇时目标的运动状态，可分为迎

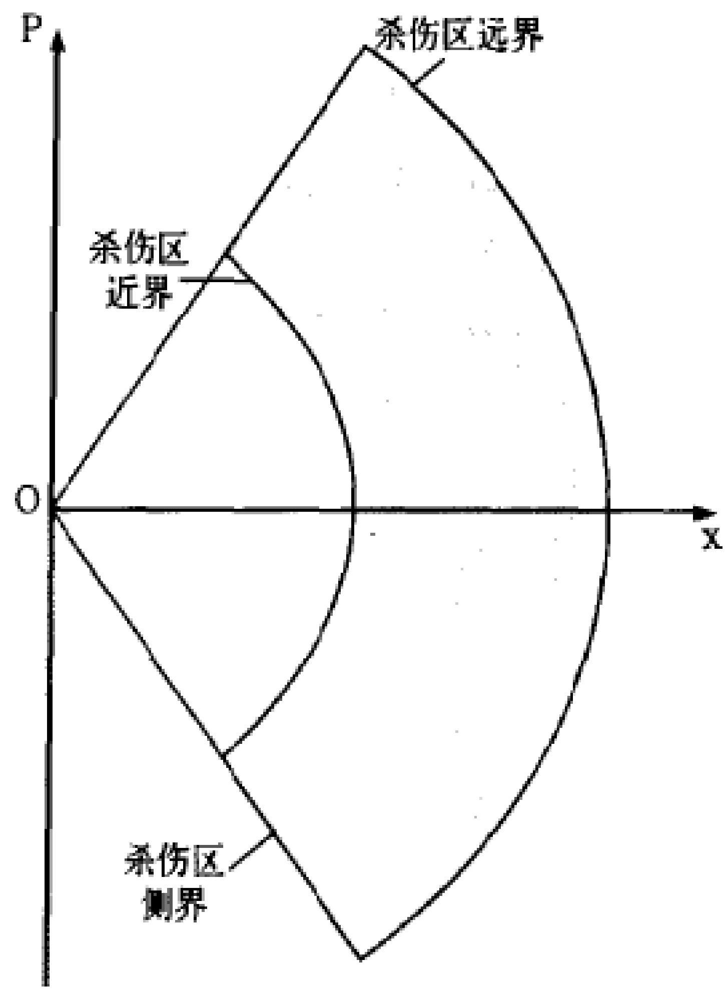


图1　水平杀伤区示意图

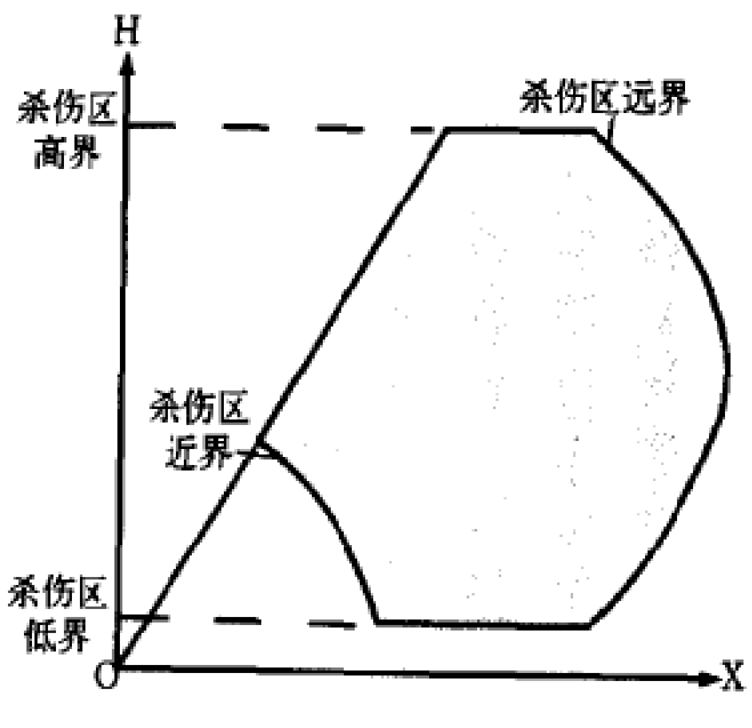


图2　垂直杀伤区示意图

击杀伤区（航路角小于90°的区域）和尾追杀伤区（航路角大于90°的区域）。

（马拴柱）

di-kong daodan fashequ

地空导弹发射区 (ground-to-air missile launching area) 地空导弹能够与目标在杀伤区内遭遇的发射导弹瞬间目标所处的空间区域。指地空导弹武器系统的发射区。通常以发射区远界、近界、高界、低界、侧界等特征参数表示。影响导弹发射区的大小和形状的因素有：目标速度和运动轨迹、杀伤区的大小和形状、导弹到达杀伤区内各点的飞行时间等因素。对于某一特定目标，发射区内各点与杀伤区内各点具有一一对应关系。对应一种目标速度，可以由杀伤区推算出发射区；同一杀伤区，目标速度不同，发射区也不同。通常用水平发射区和垂直发射区表示。用给定高度的水平平面切割发射区得到的剖面为水平发射区；用通过航路捷径等于零的垂直平面切割发射区得到的剖面为垂直发射区。 （马拴柱）

hanglu jiejing

航路捷径 (lateral range) 见地空导弹武器系统战术技术性能。

di-kong daodan shashang gailü

地空导弹杀伤概率 (ground-to-air missile kill probability) 地空导弹在给定射击条件下毁伤单个目标可能性大小的量度。指地空导弹武器系统的杀伤概率。用0～1的数或百分数表示。分为单发杀伤概率（以P_1表示）和多发杀伤概率（以P_n表示，n为发数）。为简化计算，通常假设各发导弹的制导误差不相关，不存在杀伤积累，且单发导弹杀伤概率相等；连续发射多发导弹杀伤单个目标的概率可用简化的计算公式$P_n=1-(1-P_1)^n$求出。单发导弹杀伤概率主要取决于武器系统制导精度、目标特性、导弹战斗部威力，导弹引信与战斗部配合情况，武器系统使用可靠性等。 （马拴柱）

di-kong daodan wuqi xitong fanying shijian

地空导弹武器系统反应时间 (response time of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统从发现目标到发射第一枚导弹所需的时间。取决于武器系统各分系统的反应时间、导弹发射准备时间及战勤人员素质等。一般包括：发现识别目标、判断空情、求测射击诸元、稳定跟踪、定下射击决心、射击准备、发射等时间。第三代地空导弹武器系统的反应时间为几秒至十几秒。 （王学敏）

di-kong daodan wuqi xitong zhankai shijian

地空导弹武器系统展开时间 (deployment time of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统从行军状态转为战斗状态所需的时间。是影响地空导弹武器系统机动能力的主要因素之一。地空导弹武器系统展开的主要内容包括：武器系统各种设备、车辆、导弹按战斗队形的要求进入阵地预定位置，启封、装配、架设、固定、通电检查调试、标定以及对接、联动等。第一代地空导弹采用液体燃料发动机，装配、加注困难；导弹武器系统设备种类多，展开架设繁杂，展开时间长达数小时。新一代地空导弹采用固体燃料发动机和筒装技术，不需装配、加注；导弹武器系统展开操作简便，展开时间大为缩短。 （王兴安）

di-kong daodan wuqi xitong cheshou shijian

地空导弹武器系统撤收时间 (tear down time of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统从战斗状态转为行军状态所需的时间。是影响地空导弹武器系统机动能力的主要因素之一。撤收操作与展开操作大体相反，主要区别是不需通电检查装备性能参数。地空导弹武器系统撤收的主要内容包括：撤收雷达天线，有的装载于天线拖车上；撤收电缆，按规定装载加固；将拖载式车架撤收成行军状态；将设备舱内的仪器仪表、备份器材等加固；导弹按规定分解、装箱、装载，呈运输状态，使用液体推进剂的导弹，需排除推进剂，冲洗烘干；拖车与牵引车对接，车辆行驶部分做好行军准备，必要时进行伪装。新一代地空导弹武器系统的撤收趋于简便、快捷。 （王兴安）

di-kong daodan wuqi xitong kekaoxing

地空导弹武器系统可靠性 (reliability of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统在规定条件和时间内完成规定功能的能力。概率度量称可靠度。是地空导弹武器系统的一项重要品质特性。规定条件通常指武器系统所处的环境条件、应力条件等。规定时间指武器系统规定的时间间隔、运作次数、运行里程等。规定功能指武器系统战术技术性能符合规定要求，或完成规定的任务。

地空导弹武器系统可靠性通常分为使用可靠性、固有可靠性、基本可靠性和任务可靠性。①使用可靠性。用于表征武器系统在给定的环境中使用的可靠性水平（综合考虑设计、制造、部署环境和使用维修等因素的影响）。②固有可靠性。用于表征系统设计制造的可靠性水平（只考虑设计制造的影响）。③基本可靠性。系统在规定条件下，持续无故障时间（考虑所有故障）。④任务可靠性。系统在作战过程中，完成规定任务的能力（只考虑影响完成任务的故障）。

地空导弹武器系统的可靠性，在设计时拟定，在生产中保证，在使用中完善。可靠性参数包括：平均故障间隔时间（MTBF）、致命性故障间隔任务时间（MTBCF）、任务可靠度、导弹发射飞行可靠度、导弹检测合格率和贮存寿命等。 （王兴安）

di-kong daodan wuqi xitong weixiuxing

地空导弹武器系统维修性 (maintainability of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统在规定条件和时间内，按规定程序和方法进行维修后，保持或恢复到规定状态的能力。概率度量称维修度。地空导弹武器系统的一项重要品质特性。规定条件主要指维修机构及其相应的人员、设备、设施、备件、技术资料等资源；规定程序和方法指按技术文件规定采用的维修工作类型、方法、步骤；保持或恢复到规定状态指保持或恢复武器系统的可靠性，即防止或排除武器系统的故障，使其符合规定的战术技术要求。武器系统的维修性影响武器系统的战备完好性和任务成功性，影响系统的寿命周期费用。

地空导弹武器系统的维修性是武器系统的固有属性。维修性工程的主要内容是确定维修性要求、进行维修性设计与分析、维修性试验与评定、生产与使用阶段的维修性工作。维修性要求有定性和定量要求。定性要求主要指维修可达性、互换性、维修安全性、标准化和识别

标记；定量要求指维修性参数要求，一般有平均修复时间(MTTR)、平均预防修复时间等。有的还包括测试性参数，主要有故障检测率、故障隔离率等。

（王兴安）

di-kong daodan wuqi xitong shiyong huanjing

地空导弹武器系统使用环境 (operating environment of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统在贮存、运输、作战训练、维修时，要求所处空间的客观情况和条件。用各种环境参数表示。通常由自然界、武器系统或其他外部原因引起的环境条件综合而成。按环境因素属性，可分为气候因素类(温度、湿度、气压、风速、降水、沙尘、盐雾等)、机械因素类(振动、冲击等)、生物因素类(霉菌、昆虫等)、电磁辐射因素类(电台、高压线、雷电等)。为减小环境条件对武器系统的影响，提高武器系统的环境适应性，通常采用环境防护和环境控制技术。环境防护指在设计上采取相应防护措施，如改变材料、工艺、结构等。环境控制指改变武器系统或部组件的局部工作环境，如采用加温、冷却、密封等技术。（王兴安）

di-kong daodan wuqi xitong zuozhan xiaoneng

地空导弹武器系统作战效能 (combat effectiveness of ground-to-air missile weapon system) 地空导弹武器系统作战能力和效率的综合衡量指标。可用来评估地空导弹武器系统在防空作战中发挥作用的有效程度，比较不同型号的武器系统的综合作战能力，并为研制新型号时分析、计算效费比和进行计算机作战模拟提供依据。

评估地空导弹武器系统作战效能有两种基本思路：①从地空导弹武器系统的主要战术技术性能出发综合评估。评估时根据给定的作战任务和背景，明确约束条件，选择综合性能、指标，建立评估模型，进行计算、分析。与具体目标无直接关系。②衡量能否完成任务，或对目标的抗击能力如何。针对指定的具体目标，通常用完成任务概率、目标毁伤概率或毁伤来犯目标百分数表示。评估思路、方法和结果分别适用于不同要求和不同场合。前者称地空导弹武器系统作战技术效能，后者称地空导弹武器系统作战使用效能，统称地空导弹武器系统作战效能。

评估多采用作战能力、可用度、可信度和支撑度（持续作战能力）4个因素。衡量各因数有时还需选取若干关键参数，其量值的决定一般有两种途径：一是直接选用战术技术性能指标并参考实战演习的统计结果；二是采用专家评估方法。前者可立即求出参数值，后者需用平均法或层次分析法等数学方法加以处理才能应用。4个因素相乘为最终衡量效能的指标。①作战能力。通常用系统的空间掩护能力来衡量，即对预定目标达到标准毁伤概率(例如单机取0.75)或毁伤百分数(例如来犯目标30%)时的可能抗击空间。空间掩护能力包括分项指标和综合性能指标两种表达方式。分项指标包括掩护正面、掩护高度、掩护纵深和掩护方位等，作为不同地空导弹武器系统性能好坏的对比依据。综合性能指标包括掩护面积和掩护空间范围。掩护面积指在某一高度上的掩护空域截面积。在此基础上选取若干关键性高度，即可求出掩护空间范围。②可用度。指系统的良好率，即作战使用时能立即投入战斗的系统数量与装备总数量之比。③可信度。指系统作战的可靠性，即不出故障能完成作战任务的概率。所需数据依靠靶场试验和平时使用训练过程中不断统计取得。完成作战任务概率直接与系统的平均故障间隔时间(MTBF)以及平均作战任务时间有关，一般符合指数函数关系。④支撑度。通常先考虑再次作战的必须准备时间，例如弹药、零备件补充以及战损修理等。较长期的作战持久能力，则应考虑人员训练周期、维修人员的数量和质量、工时以及武器弹药的后续补充等问题。

作战使用效能，应考虑敌方情况、飞机特点和战场条件等因素，制定完成任务所必须的环节，并求出各环节的完成概率。各环节完成概率相乘即为最终完成任务概率(P完成)，用来代表系统的作战使用效能。例如：系统抗击能力主要由发现概率、射击概率、对目标操作概率等决定。在大多数情况下，还应考虑系统可射击的目标数量与进袭防区目标数量之比。具体选取哪些环节和参数，要视评估目的和条件而定。计算时应根据指定的具体目标而不是典型目标。所需概率要靠靶场试验并结合理论分析求得。

计算机仿真模拟方法是求得地空导弹武器系统作战效能的重要方法。模拟后一般可以得出防空效率(可靠性系数、目标平均被弹数、目标毁伤程度)、兵器作战效能、弹药效率(击落1架敌机平均耗弹数)等数据，并用来比较何种系统更适合对付何种空中目标。

（朱宝鎏）

di-kong daodan sheji lilun

地空导弹射击理论 (firing theory of ground-to-air missile) 研究合理运用地空导弹武器系统，将导弹导向空中目标规律的理论。从可靠性与经济性的观点出发，探讨在各种条件下如何正确组织实施射击，取得最佳射击效果，是指导地空导弹实施射击指挥、制定射击规则与战斗教令，以及研制和改进地空导弹武器系统的重要理论基础和依据。地空导弹射击理论运用概率论、数理统计等数学方法，在飞行力学、地空导弹武器系统工作原理等专业知识的基础上，主要研究的内容有：将导弹导向目标的原理，杀伤目标的基本理论与射击效率分析，地空导弹武器系统综合战斗性能等。

历史沿革 地空导弹射击理论于20世纪40年代末随着地空导弹武器系统的研制、出现而逐步形成。早期的地空导弹射击理论是在高射炮兵射击学(或射击理论)的基础上建立起来的，主要研究在无干扰条件下对等速直线飞行的中高空目标制导误差、杀伤概率、杀伤区、发射区的分析和计算。20世纪60至70年代后期，随着航空兵低空、机动、干扰、掩护等突防手段的大量运用，产生了第二代低空近程地空导弹，促进了对低空目标、机动目标、干扰掩护下目标和对多目标射击理论的研究。苏联于1970年出版的F.K.纽波柯耶夫著的《地空导弹射击》一书，反映了20世纪60年代的地空导弹射击理论的面貌。此书经修订后于1980年又出了新版，内容有了较大的变化，反映了70年代地空导弹射击理论的发展。从内容来看，地空导弹射击理论的研究范围，扩展到研究目标对抗时的射击效率以及对全方位、小编队、多层次、多批次集群目

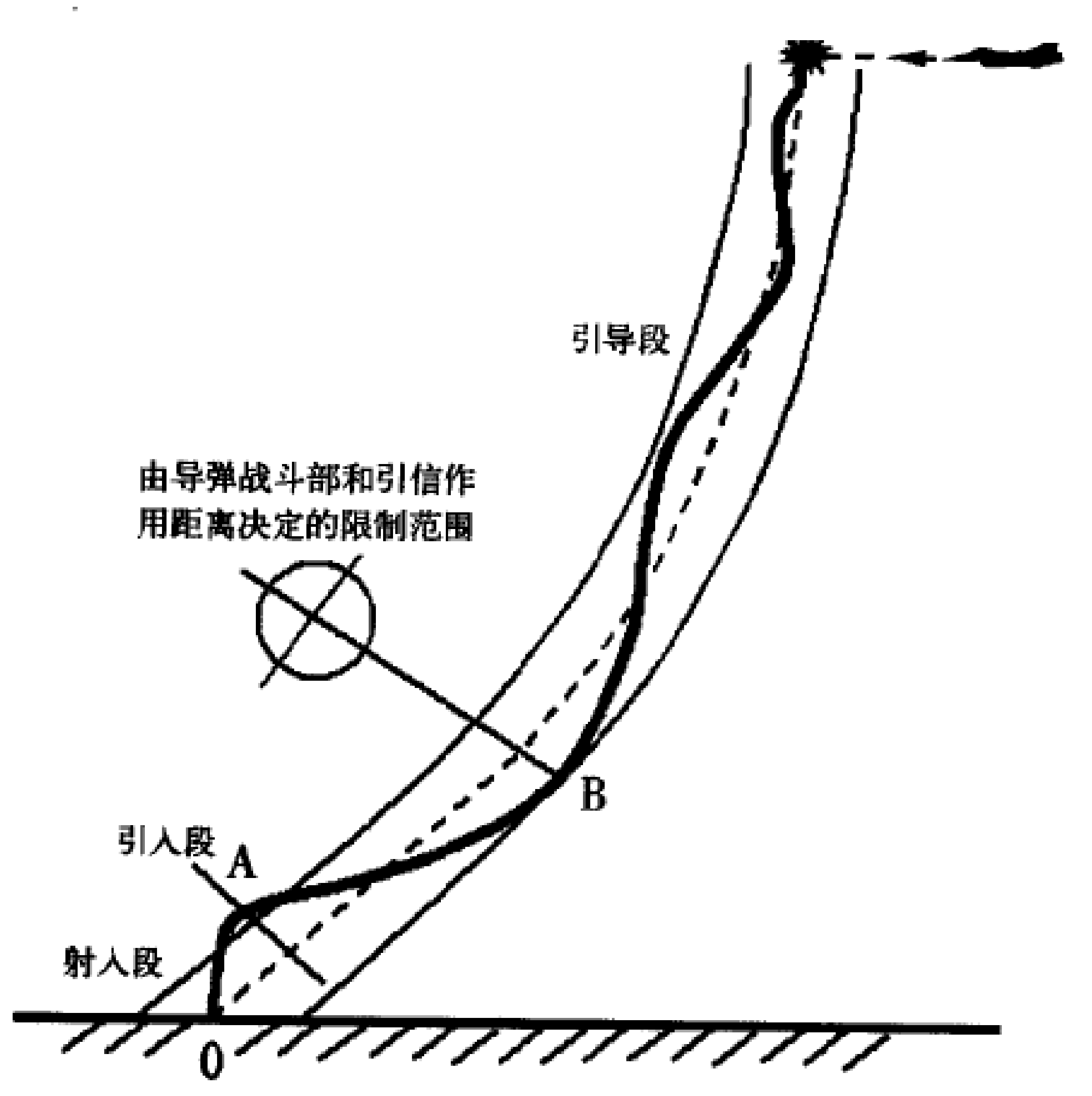
标的射击问题，对各种影响因素的分析也更为深入。20世纪80年代以来，随着第三代地空导弹的出现，开始对地空导弹武器系统可靠性、射击高速战役战术弹道目标、极小雷达散射面的隐身目标、巡航导弹等问题的研究。

导弹导向目标的原理　地空导弹在射击目标的过程中，制导系统按照运动学原理，在给定的引导规律下，将导弹导向目标的方法，称为引导方法。引导方法不同，导弹的运动学弹道形状也不同。对同一导弹和目标，可选用不同的引导方法，选择的一般原则是：在各种射击条件下，应保证导弹接近目标的精度要求；力求在整个飞行过程中，尤其在遭遇点附近，理想弹道的曲率较小；在同样的条件下，导弹飞到遭遇点的时间较短；制导系统的设备简单，技术上便于实现。根据武器系统制导体制的不同，引导方法可分为两大类：遥控导弹的引导方法和自寻的导弹的引导方法。常见的遥控导弹引导方法有三点法和前置法，自寻的导弹的引导方法有追踪法、固定前置角法、平行接近法和比例接近法。

导弹的制导系统按选定的引导规律控制导弹飞向目标的方法，称为制导方法。制导系统的任务是消除导弹的实际弹道相对理想弹道的偏差或将这种偏差保持在一定范围内，以保证按给定的精度导向目标。制导方法按工作原理可分为遥控制导、寻的制导、自主制导和复合制导。早期的地空导弹武器系统多采用单一的制导方法，为提高武器系统战斗性能，现代地空导弹武器系统多采用复合制导。如美国的“爱国者”地空导弹武器系统采用程序+无线电指令+半主动雷达制导(TVM“Track Via Missile”的缩写，即通过导弹跟踪目标）的复合制导。

杀伤目标的基本理论与射击效率分析　地空导弹要杀伤空中目标，在制导系统的作用下必须按所需要的制导精度将导弹导向目标。由于各种误差因素的存在，导弹实际的飞行弹道与理想弹道并不重合，始终存在着制导误差。制导误差按其产生的原因，可分为动态误差、起伏误差和仪器误差。制导误差是一个随机变量，是由大量的随机因素引起的，根据概率论中心极限定理和大量的试验证实，导弹的制导误差服从正态分布律。制导误差的大小可通过理论计算、数学模拟和实弹射击等方法求取。制导误差的大小直接关系到导弹对目标的杀伤概率。

地空导弹依靠导弹引信适时起爆战斗部去摧毁目标，只有引信启动区与战斗部相对动态杀伤区重合，才可能杀伤目标，其重合程度越高，引信与战斗部配合效率越高，对目标的杀伤可能性越大。在给定制导误差和目标杀伤规律的条件下，可以计算出单发导弹杀伤概率。



地空导弹飞行弹道示意图

地空导弹武器系统战斗使用可靠度，是衡量地空导弹武器系统战斗准备阶段和战斗工作阶段工作可靠性的指标，可采用实验法和计算法确定，实验法包括模拟试验和实弹射击，计算法可根据地空导弹武器系统在使用过程中的原始数据进行统计处理。

为定量评价地空导弹武器系统的射击效率，通常采用杀伤目标的概率和杀伤空中目标的数学期望作为射击效率指标。射击效率指标可以根据既定的射击任务选定。当射击的任务是达到某个预定的结果，如杀伤某个目标、杀伤全部目标、保证己方目标安全等，这时的射击结果属于“是—非”型，射击效率指标是完成既定任务的概率。当射击的任务是要求给敌方造成尽可能大的损失，如尽可能多地杀伤目标，这时的射击结果属于“越大越好”型，在这种情况下，射击效率指标是敌方受损程度的数学期望。射击效率分析通常可分为：评价已知条件下的射击效率和找出保证获得给定射击效率的条件。一般包括对单个目标的射击效率、对目标群的射击效率、考虑地空导弹武器系统战斗使用可靠性时的射击效率以及考虑敌实施对抗条件下的射击效率。建立评价射击效率的指标和计算方法，分析影响射击效率的主要因素，探讨提高射击效率的主要途径，不仅是地空导弹部队合理地组织对各种目标射击，以较小代价获得较大射击效果的理论依据，也是研制新型号和改进现有型号地空导弹武器系统的一个重要理论基础。

地空导弹武器系统综合战斗性能　是指地空导弹武器系统在不同空情条件下消灭空中目标、保卫己方目标的能力。主要指标有：杀伤区与发射区范围、连续射击目标的能力和对保卫目标的掩护能力等。

地空导弹武器系统杀伤区是一个杀伤目标的概率不低于给定数值的空间区域。通常可分为迎击杀伤区和尾追杀伤区，杀伤区的大小和形状取决于武器系统性能、目标特性和射击条件，是地空导弹武器系统战术、技术性能的集中体现，通常使用水平杀伤区和垂直杀伤区进行研究和表述，主要参数包括：高界、低界、远界、近界和最大航路角等。发射区是在杀伤区基础上确定的，它的大小和形状与杀伤区的大小和形状、目标速度和运动轨迹、导弹飞到杀伤区各点的时间等因素有关，主要参数包括：远界斜距、近界斜距、目标在发射区飞行时间以及发射区纵深等。当目标处于发

射区时发射导弹，导弹与目标将在杀伤区内遭遇。

地空导弹发射时机的确定与杀伤区、发射区密切相关。确定发射时机的方法通常有两种：按目标处于发射区位置确定的发射时机和按地空导弹计算设备预测的导弹与目标在杀伤区遭遇位置确定的发射时机。由于发射区内各点与杀伤区内各点是一一对应的，上述两种确定发射时机的实质是一样的。指挥员可根据目标性质、目标在发射区的飞行时间、发射种类、有无后续目标以及上级指示等综合判断确定。

连续射击目标的能力，是指地空导弹武器系统的一个目标波道，对将要进入其发射区的多批目标连续进行射击的能力。在导弹足够的条件下，主要决定于射击周期和导弹发射准备周期。配置在保卫目标周围的地空导弹武器系统，将临近保卫目标飞行的敌机消灭在其可能完成任务线之前的能力，称为掩护能力。掩护能力的大小取决于杀伤区远界水平距离、杀伤区最大航路角以及敌可能完成任务线的水平距离。

指挥员只有对地空导弹武器系统综合战斗性能有一个比较深入的了解，才能正确确定发射时机，灵活运用火力，合理确定战斗部署方案，充分发挥地空导弹武器系统的战术技术性能。

展望 随着未来空袭武器愈加复杂多样，地空导弹射击理论将重点对多层反导、地空反辐射导弹武器系统对付预警机、干扰机以及对空中多种目标自动综合优化射击方法的理论进行研究，射击理论的研究将发展到更高的水平。

（曹泽阳）

di-kong daodan dandao

地空导弹弹道 (ground-to-air missile trajectory) 地空导弹质心运动的轨迹。按飞行过程中有无推力分为主动段和被动段。按控制状况，导弹离轨瞬时起至进入雷达波束或开始接收控制指令时止的弹道为射入段；导弹从弹上制导设备接收指令开始控制导弹起，到导弹按导引规律正常飞行瞬间止的一段弹道为引入段；导弹飞行的初始偏差基本消除后，按导引规律受控飞行，直到命中目标为止的一段飞行弹道为引导段。地空导弹弹道特性综合反映弹体、动力装置、制导系统及发射装置等全部系统的性能。弹道的高度、射程、弹道上飞行速度和过载的分布以及弹道相对于目标的关系，如脱靶量(沿弹道飞行的导弹与目标的最短距离)等弹道特性是地空导弹战术技术性能的重要指标，关系到地空导弹能否完成预定的任务。因此在导弹的初步设计阶段就必须进行弹道设计，研究和初步确定弹道特性。地空导弹的弹道特性因制导方法和动力装置的不同而异。对于某一确定的地空导弹，其弹道还决定于发射的初始条件、目标的运动特性和所选取的坐标系。

研究地空导弹弹道可以用试验方法和理论方法。试验方法是对作飞行试验的导弹运动参数进行实测。由于飞行试验费用很高，消耗导弹，只能进行有限次数，但数据较为准确可信。理论方法以经典的力学定律为基础。地空导弹的运动有两个特点：运动过程中有控制作用和质量随时间快速变化。在导弹质量变化不大的飞行过程中，可以把它看作常质量的物体，用经典的力学定律来研究弹道；当质量快速变化时，须用变质量力学原理来研究弹道。对地空导弹的控制作用能使导弹产生绕质心的转动，从而引起导弹受力情况的变化。由于地空导弹质心的平行移动和绕质心的转动是紧密地联系在一起的，只有在采用了一些简化假设的情况下，才可以单独地研究地空导弹质心运动方程组，求出相应的弹道。地空导弹在设计和分析评定中，研究得较多的有运动学弹道、理论弹道、实际弹道和控制弹道。①运动学弹道。将导弹视为可操纵的质点，由运动学方程和所采用导引规律要求的约束方程所确定的导弹质心运动轨迹。在求解运动学弹道时，目标运动是预先给出的，把导弹飞行速度看作是已知的时间函数而不考虑确定速度的动力学方程。此时的弹道特性主要由导引规律确定，给出不同的导引规律即可得到不同的弹道。在弹道初步设计中，对几种运动学弹道进行比较，以便最后选择某种导引方法或飞行方案。②理论弹道。将地空导弹视为某一力学模型（可控质点或刚体，或弹性体)，假设飞行控制系统理想工作，初始条件完全符合给定的理论条件，大气参数是标准的，导弹性能参数和结构外形均为理论设计值，发射及飞行过程中无随机扰动，目标为匀速直线飞行或作规律性的机动运动，对满足以上条件的导弹运动方程组求解得出的导弹质心运动轨迹。③实际弹道。又称地空导弹真实弹道。地空导弹在实际飞行中的质心运动轨迹。在实际飞行中，作用在导弹和飞行控制系统上的随机扰动因素很多，各种随机扰动作用的结果必将使导弹的实际弹道偏离其理论弹道。实际弹道只能在每一发导弹实际飞行过程中测得。由于随机因素各有不同，即使同一型号，同一批产品，在相同的发射条件下，各发导弹的实际弹道也有差异。④控制弹道。用包含控制方程的导弹运动方程组解出的地空导弹质心运动轨迹。通常将导弹视为一个具有六个自由度的空间刚体，将其运动分解为重心运动和绕重心的转动。因飞行控制系统的工作不可能始终处于理想状态，导弹旋转运动又可影响导弹重心的运动，故要在导弹运动方程组中加入导弹飞行控制系统主要元件的工作过程，联立求解即可得到导弹质心的运动轨迹。

（李体方）

di-kong daodan zhuangbei jishu baozhang

地空导弹装备技术保障 (technical support for ground-to-air missile equipment) 使地空导弹装备保持和恢复完好状态所采取的综合技术措施。基本要求是及时、可靠、高效地保证地空导弹装备处于良好状态，提高设备完好率，保障和支援地空导弹部队遂行任务。主要内容包括：地空导弹装备的正确使用、检查、维护、修理、校验、技术革新和导弹、器材的供应等。①使用。制定、实施各项操作规程或教令；保证操作使用人员熟悉装备的结构、原理、性能；随时掌握装备的技术状况，发现故障及时排除。②检查。检查装备在各种状态下的技术状态。分功能检查和简程检查。功能检查是对装备的功能联系和重要性能参数的检测，用于判断装备可否投入使用。检查项目根据装备的战术技术性能和使用特点确定，通常按日常维护检查的要求实施。简程检查指在时间有限的条件下，对装备主要性能参数的检测。通常应用于实弹射击前。③维护。对武器系统各部位进行清洁擦拭、除锈去污、调整紧固、精度检查

校准、补充消耗器材、更换超过工作时限的零部件，排除小故障。目的是消除故障隐患。分为日常维护、定期维护和不定期维护。④修理。根据装备使用期限、修理内容和技术复杂程度，分为大修、中修和小修；按基地级、中继级、基层级3级维修体制组织修理。基地级修理由装备承修厂或者生产厂实施，中继级修理由团以上装备部门组织所属修理厂(所)实施，基层级修理由部(分)队技术人员实施。⑤校验。分为定期校验和不定期校验。定期校验是装备使用到规定的时间进行的校验。不定期校验是装备虽未达到规定的使用时间，但其精度已达不到规定标准时的校验。⑥技术革新。利用科研成果，改进和提高装备性能或延长其使用寿命。包括改变装备中某些设备或部件的结构和安装位置，增减或更换设备、零部件等。⑦导弹和器材的供应。组织实施导弹、火工品及其零部件的筹措、储备、补给和管理。

地空导弹装备技术保障工作日趋繁重和复杂。为适应高技术条件下防空作战的需要，将运用新技术特别是维修工程技术，使保障形式更科学，保障体制更合理，组织协调更高效，不断提高技术保障水平。 (周发国)

di-kong daodan zhuangbei jishu dengji

地空导弹装备技术等级 (technical grade of ground-to-air missile equipment) 按技术状况对地空导弹装备划分的级别。通常分为新品、堪用品、待修品和废品4级。①新品。经检验合格未曾启用，贮存期未超过规定期限的装备。②堪用品。已启用或虽未启用但已超过规定贮存期限，战术技术性能符合规定指标，工作稳定可靠，不需进维修基地（工厂）修理的装备。③待修品。达到规定修理标准，需进维修基地(工厂)修理的装备。④废品。无法修复或无修理价值的装备。技术等级划分，按等级评定标准，通过装备技术鉴定实施。堪用品转为待修品一般按大修标准确定，堪用品转为废品按报废标准确定。报废装备的基本条件：用完规定的使用寿命，不能延寿或无延寿价值的；因作战、事故、自然灾害等原因造成装备损伤，不能修复或无修复价值的。

(王兴安)

di-kong daodan zhuangbei weihu

地空导弹装备维护 (maintenance of ground-to-air missile equipment) 使地空导弹装备保持完好所采取的各项技术措施。目的是缓解或减少装备腐蚀、磨损、老化及其他损耗，保持装备经常处于良好技术状态；掌握装备性能参数变化，及时发现问题和故障隐患，为装备修理提供依据。主要内容包括：清洁擦拭、去污除油、除锈涂漆、润滑换油、紧固调整、检查电气参数、零部件更换、排除故障和防护处理等。

按装备所处的状态，分为使用中维护和贮存时维护。①使用中维护。分为日常维护、定期维护、不定期维护和换季维护。日常维护是在装备使用前后及使用间隙进行的例行维护；定期维护是按装备使用规定的周期，根据装备的不同情况，进行日、周、月、季度、年度维护；不定期维护是在任务需要、装备使用情况或环境条件异常变化时进行的维护，如在海岛及沿海地区的防腐维护，在多雨地区的防潮维护，在沙漠地区的防风沙维护，多雷电地区的防雷电维护等；换季维护是在季节变换前进行。②贮存时维护。在装备存放、封存、保管中进行。各种设备维护的种类、周期、作业内容和要求，在使用说明书和维护法规中有明确规定。一般由使用分队组织实施，必要时由维修分队协助完成。

(魏德荣 周发国)

di-kong daodan zhuangbei jishu jianding

地空导弹装备技术鉴定 (technical assessment of ground-to-air missile equipment) 对地空导弹装备技术状况进行的鉴别和评定。分现役地空导弹装备技术鉴定、地空导弹装备技术改进成果技术鉴定和研制地空导弹装备技术鉴定。①现役地空导弹装备技术鉴定。确定现役地空导弹装备的技术状况，为贮存、使用、维修、处理提供依据。通常在装备使用到一定年限主要战术技术指标下降，装备受到严重损伤或发生事故，装备修理、转级、退役、报废、交接等情况下进行。依据技术文件对装备进行检测、试验；综合分析，提出鉴定报告。②地空导弹装备技术改进成果技术鉴定。保证技术改进成果的质量，为推广应用提供依据。主要是对成果的设计任务书、技术方案、研制总结、试验试用结果和成品等进行审查，评定成果是否达到设计任务书提出的功能和性能指标，对原装备有无不良影响，以及先进性、创造性、经济性，判断推广使用价值。有会议鉴定、验收鉴定、函审鉴定和视同鉴定等形式。③研制地空导弹装备技术鉴定。地空导弹装备研制和生产过程中进行的技术鉴定。确认战术技术指标是否达到规定要求，为转入下阶段研制或为装备定型、验收提供依据。鉴定条件是：有上级主管业务部门审批的任务要求或战术技术指标；有研制方认为达到原定战术技术指标、性能稳定、工作可靠、能实际应用的样机和能重复再现的技术、工艺、方法、设计；完成必要的测试和试验，并经过规定时间的试用，符合使用要求；技术文件正确、齐全、符合标准化要求等。

(王兴安)

di-kong daodan zhuangbei jiaoyan

地空导弹装备校验 (calibration of ground-to-air missile equipment) 用规定标准校正和检验地空导弹装备，使其符合规定精度的技术措施。通常采用搜索、跟踪和射击空中目标的方法，检验和调整武器系统特别是制导雷达的精度，以保证装备处于规定的良好状态。校验分为定期校验和不定期校验。定期校验是装备使用到规定的年限进行的校验。不定期校验是装备虽未达到规定的使用年限，但其精度已达不到规定标准时的校验。 (周发国)

di-kong daodan wuqi xitong gongneng jiancha

地空导弹武器系统功能检查 (function inspection of ground-to-air weapon system) 对地空导弹武器系统的功能联系及重要参数的检测。用以判断可否投入战斗使用。使用相应的模拟检查设备，在全系统检查状态下，对规定的主要功能参数进行检查。亦称系统自检。通常检查雷达发射机和接收机的功能，对目标、导弹信号的搜索、截获功能及跟踪测量功能，对导弹控制的指令形成及指令发送功能，显示控制及射击指挥功能，天线、发射架随动功能等。若功能检查异常，则查明原因，排除故障。

(魏德荣)

di-kong daodan zhuangbei shiyong shouming

地空导弹装备使用寿命 (durability of ground-to-air missile equipment) 地空导弹装备在规定的贮存、使用、维修条件下，允许使用的最大时限。亦称地空导弹装备使用期。通常指地空导弹装备从出厂服役开始，到退役报废所经历的全部时间。受设计、制造、贮存、保管、使用、维修、环境条件、经济等因素影响。以年或工作小时、工作次数、运行里程等计算。按影响因素，分为技术寿命、经济寿命、贮存寿命等。技术寿命根据装备的技术状况确定；经济寿命按经济费用投入合理性权衡确定；贮存寿命是在规定的贮存条件下允许贮存的最大时限。使用寿命按技术寿命与经济寿命经综合分析评估后确定。

(王兴安)

di-kong daodan zhuangbei shigu

地空导弹装备事故 (accident of ground-to-air missile equipment) 地空导弹装备在使用、维修、运输、贮存、保管等活动中意外发生的装备损坏、丢失或操作错误使装备处于非正常状态并对作战、战备造成危害的事件。按事故的起因，分为责任事故和非责任事故。由于思想麻痹、工作失职、保管不当、违章操作等人为因素造成的事故为责任事故；由于自然灾害、意外事件等难于防范的原因造成的事故为非责任事故。按事故的严重程度，分为重大事故、严重事故和一般事故。按等级，分为一等事故、二等事故、三等事故。

(王兴安)

di-kong daodan jishu

地空导弹基数 (ground-to-air missile basic load) 地空导弹配备、储备和补充的计算单位。通常以一套武器系统来规定一个基数的导弹数量。具体基数的数量按战术技术性能、部队携行和贮存能力、工业部门生产能力和一般消耗规律等因素统一规定。

(王兴安)

di-kong daodan zhidao

地空导弹制导 (guidance and control of ground-to-air missile) 引导和控制地空导弹按给定的导引规律所确定的弹道准确飞向目标的过程。亦称地空导弹飞行控制。制导体制主要分为遥控制导、寻的制导和复合制导。

遥控制导 多用于攻击中、低速运动目标的中、近程地空导弹。分为指令制导和波束制导。指令制导分为无线电指令制导和有线指令制导。波束制导分为无线电波束制导和激光波束制导。特点是测量装置全部或大部安放在地面，工程实现容易，但易被敌方发现和干扰，制导精度随遭遇斜距的增大而下降。

寻的制导 多用于中、近程地空导弹和远程地空导弹末端制导。分为主动寻的、半主动寻的和被动寻的制导。①主动寻的制导。由导弹上的导引头发出照射目标的电磁波，并感受目标反射回来的电磁波，形成控制信号引导导弹飞向目标的制导。特点是导弹发射后，不需外界配合即可自动追踪和飞向目标，称“发射后不管”，但作用距离受弹上照射能源的限制，设备比较复杂。②半主动寻的制导。由导弹之外的照射源发出照射目标的电磁波，由导弹上的导引头接收从目标反射回来的电磁波，借以导引导弹飞向目标的制导。照射源可设在地面、水面或空中。优点是弹上设备简单，但照射源载体易遭受敌方袭击。③被动寻的制导。由导弹上的导引头直接感受由目标本身辐射或散射的电磁波，导引导弹飞向目标的制导。优点是导弹发射后不管，设备简单，但对目标的辐射或散射特性依赖大，易受目标环境背景的干扰。

复合制导 用于中程以上地空导弹。按导弹飞行阶段，分别采用不同制导方式，也可在一个飞行阶段同时或交替使用两种制导方式。特点是几种制导方式优势互补，可提高制导精度、作用距离和抗干扰能力。

20世纪50年代，地空导弹的制导方式多为遥控制导，采用无线电指令制导的有苏联的SA-1、SA-2和美国的“奈基”等。60年代，为提高制导精度，一些中、近程地空导弹采用半主动寻的制导，如美国的“霍克”和苏联的SA-6等；采用被动寻的制导，如美国的“红眼睛”和苏联的SA-7等。主动寻的制导由于设备昂贵，作为单一制导体制一般不用于武器系统，多用于远程地空导弹的末端制导。70年代，为增大射程，提高制导精度，发展了复合制导系统，如美国的“爱国者”和苏联的C-300等型地空导弹。

(彭万钟)

di-kong daodan feixing kongzhi

地空导弹飞行控制 (ground-to-air missile flight control) 见地空导弹制导。

yaokong zhidao

遥控制导 (remote guidance) 由制导站全程导引导弹飞向目标的制导。分为指令制导和波束制导。

指令制导 制导站的制导指令计算装置根据跟踪测量系统测得的目标和导弹运动参数，按照选定的导引规律和对制导过程的动态要求，形成制导指令，通过指令发送设备，以无线或有线的形式发送给导弹，弹上接收机接收制导指令，通过解算获得飞行控制量，由自动驾驶仪控制导弹飞向目标。分为无线电指令制导和有线指令制导。①无线电指令制导。将制导指令转换为专用的编码信号，通过无线电波发送至弹上，控制导弹飞行。跟踪测量系统通常为雷达。导弹装有应答机，在接收到制导站发出的询问脉冲后，发回应答信号，以增大雷达对导弹的作用距离和识别能力。②有线指令制导。通过连接制导站和导弹的导线传输制导指令，控制导弹飞行。制导距离受导线长度的限制，多用于射程较近的反坦克导弹，不易受外界干扰。

波束制导 跟踪测量系统的无线电或激光波束始终指向目标，弹上制导装置自动测定其偏离波束中心的角度和方向，形成导引信号，控制导弹沿波束中心飞行，直至命中目标。

遥控制导是最早采用的制导体制，主要用于地空导弹，也为舰空、空空、空地(舰)、反坦克等导弹采用。

(唐 宏)

wuxiandian zhiling zhidao

无线电指令制导 (radio command guidance) 由导弹以外的制导站发出无线电指令信号控制导弹飞行的一种遥控制导。制导站可设于地面、海面(舰载)或空中(机载)。制导站的目标和导弹跟踪测量装置测得目标和导弹的位置或其他运动参数(速度、角速度等)。指令形成装置根据选定的导引规律对目标和导弹的

运动参数进行比较计算，形成指令信号。指令编码发送装置将指令编成密码形式，并发送给导弹。弹上指令接收装置和控制装置将接收到的指令与弹上控制装置测得的姿态角及质心运动等信息综合成控制信号，控制导弹飞向目标。

（唐 宏）

boshu zhidao

波束制导 (beam-rider guidance) 采用无线电波束或激光波束导引导弹飞向目标的一种遥控制导。亦称驾束制导。以无线电波束或激光波束中心线始终指向目标，导弹上的传感器不间断测量出导弹偏离波束中心的角度和方向，形成对导弹的飞行控制指令，使导弹沿波束中心飞行，直至与目标遭遇。波束制导系统包括波束形成及跟踪装置、弹上传感装置、制导指令产生装置以及控制执行装置。波束制导设备简单，抗干扰性能好，但制导精度随遭遇距离增大而降低，波束较窄，难捕获目标，导弹易脱离波束。

（唐 宏）

xundi zhidao

寻的制导 (homing guidance) 由导弹上的导引头接收目标的反射或辐射能量，自动跟踪目标并形成制导指令，控制导弹飞向目标的制导。又称自导引制导。由导引头、控制指令形成装置和执行机构等部分完成制导功能。通常分为主动寻的、半主动寻的和被动寻的3种类型。主动寻的制导照射装置装在导弹上；半主动寻的制导照射装置不装在导弹上；被动寻的制导是弹上的导引头借接收目标辐射能量实施制导，无需照射。特点是制导精度与导弹射程无关。

（唐 宏）

fuhe zhidao

复合制导 (combined guidance) 采用两种以上制导方式组合的制导。亦称组合制导。以充分发挥各种制导方式的优点，形成综合优势，提高制导精度，增强抗干扰能力，有利于增大导弹的作用距离。根据复合方式，分为串联、并联和串并联复合制导。①串联型复合制导。导弹在不同的制导段，依次从一种制导方式过渡到另一种制导方式，如无线电指令加雷达自导引的串联型复合制导等。②并联型复合制导。导弹在同一制导段中，采用几种制导方式，如在导弹飞行末段采用指令制导加半主动雷达制导的TVM制导。③串并联复合制导。在导弹受控的整个制导过程中，既有串联型复合制导，又有并联型复合制导，其中各种制导方式的选取，根据导弹的性能、不同制导阶段和不同环境决定。复合制导系统比较复杂，弹上设备体积大，成本较高，因元器件多而降低了系统的可靠性。随着惯性器件、光电器件、微型计算机、毫米波技术、信息处理和传输技术的发展，复合制导系统的小型化、低成本、高可靠性问题正逐步解决，并将在远程地空导弹中广泛应用。

（梁光辉）

guanxing zhidao

惯性制导 (inertial guidance) 运用惯性原理导引和控制导弹飞向目标的制导。

惯性制导设备由惯性测量装置（加速度表和陀螺仪）、计算装置和自动驾驶仪等组成。惯性测量装置测出导弹的运动参数，弹上计算装置根据发射瞬间导弹位置、速度、给定的目标位置与程序装置综合比较后，实时形成姿态控制和关机等指令，传输给执行机构（伺服机构），通过控制发动机推力的方向、大小和作用时间，导引和控制导弹飞向目标。

按惯性测量装置在导弹上的安装方式，分为平台式惯性制导和捷联式惯性制导。①平台式惯性制导。惯性测量装置的加速度表安装在惯性平台（稳定平台）上。平台是利用陀螺仪将其稳定于惯性空间。平台隔离了弹体角运动和振动对惯性测量装置的影响，使惯性加速度表工作在较好的环境，具有初始对准容易实现等优点。在制导过程中，加速度表与惯性参考系间的角度关系保持不变，导航计算较简单，为弹道导弹广泛采用。②捷联式惯性制导。惯性测量装置的加速度表直接固连在导弹弹体上。简称捷联惯导。采用这种制导方式，加速度表与惯性参考系间的角度将随弹体姿态变化而变化，须采用陀螺仪作为角位移或角速度传感器，测算出加速度表相对惯性参考系的角度，再用计算机将加速度表的测量值转换到惯性参考系，获得所需要的运动参数值。这种制导不需要稳定平台，设备少、成本低、可靠性高和采用冗余技术容易，但需要有性能良好的计算机。因加速度表工作条件恶劣，惯性测量装置需具有较高的抗振和抗冲击的性能。常用于垂直发射的地空导弹的初制导段。

惯性制导抗干扰性能强，隐蔽性好，被世界各国弹道导弹所采用。影响惯性制导精度的主要因素是惯性仪表误差和惯性器件误差随时间积累。

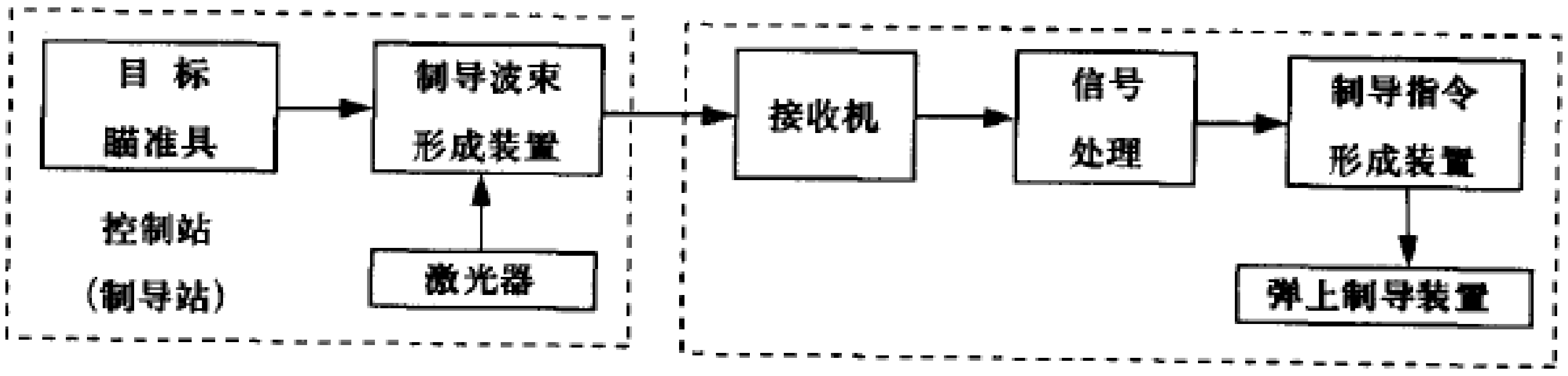
（梁光辉）

jiguang zhidao

激光制导 (laser guidance) 利用激光技术获得导引信息，并按选定的导引规律控制导弹飞向目标的制导。分为激光寻的制导和激光波束制导。

①激光寻的制导。亦称激光回波制导。利用目标反射的激光回波实现。激光指示器（激光照射器）向被攻击的目标发射激光；接收装置接收目标反射的激光，并形成跟踪和控制信号，通过弹上控制系统把导弹引向目标。按激光指示器设置的位置，分主动寻的和半主动寻的两种。激光指示器置于弹上，为激光主动寻的制导；激光指示器置于弹外，为激光半主动寻的制导。激光半主动寻的制导可用于近程导弹和中远程地空导弹末制导中，制导精度主要取决于激光指示器瞄准精度和跟踪精度。在击中目标前激光指示器不能中断对目标的照射。

②激光波束制导。亦称激光驾束制导。导弹依靠自身装置沿指向目标的激光波束飞行。由控制站和弹上导引装置组成（见图）。控制站用激光指示器产生激光波束，照射和跟踪目标。导弹进入波



激光波束制导原理示意图

束时，感受其在波束中偏离中心线的位置形成误差信号，控制导弹沿光轴方向飞行，只要光轴对准目标，导弹就可击中目标。制导精度取决于激光指示器的瞄准和跟踪精度。

激光具有单色性好、方向性强、亮度高等特点。激光制导工作波长短，测距精度高，抗干扰性能强，适合于攻击点目标，但激光易被吸收和散射，受空间环境(烟尘污染等)和气象条件(云、雾、雨、雪)的影响，不能全天候使用；激光能源的功率有限，制导的作用距离较短；波束窄，搜索跟踪较困难。激光技术常与红外、电视、光学、微波等技术结合使用。

（梁光辉）

hongwai zhidao

红外制导 (infrared guidance) 利用红外技术获取目标或导弹角度坐标参数，控制导弹飞向目标的制导。以目标的红外辐射为信号源。常用的红外工作波长为1～3微米、3～5微米和8～14微米。按跟踪技术体制，分为红外跟踪制导和红外成像制导等。

红外跟踪制导系统由红外位标器、计算机和执行机构等组成。红外位标器作为跟踪测量装置，由光学系统、调制盘和红外探测器组成。光学系统将红外光聚焦到调制盘上，调制盘对红外光进行调制，红外探测器把调制后的红外辐射能转换为电信号。红外位标器输出的信号与导弹上基准信号比较，确定目标相对导弹的角坐标并形成偏差信号，用于驱动红外位标器光学系统使其跟踪目标。同时，这个信号经变换处理并通过执行机构控制导弹按一定的导引规律飞向目标。

红外成像制导系统由红外光学望远镜、红外探测器、信号处理器和显示器组成。利用红外光学望远镜收集并会聚目标的红外辐射，由红外探测器接收，转换成电信号，再经信号处理器进行处理后，由显示器显示出目标的可见光图像。

红外制导隐蔽性好、分辨率较高，红外成像制导抗干扰能力强，但易受云、雾、雨、雪等气象条件和烟尘、太阳背景等空间环境的影响，妨碍距离信息获取，常用于便携式地空导弹和中远程地空导弹的末制导。为提高对目标的识别能力，工作波长向更长的方向发展；红外成像将得到广泛应用并不断提高灵敏度、清晰度和抗干扰性能。

（梁光辉）

guangxian zhidao

光纤制导 (optical fiber guidance) 采用光导纤维作为导弹与控制中心之间信息传输通道的有线制导。

光纤制导系统由弹上探测设备、光纤传输线路和地面发射控制装置组成。弹上探测设备由电视摄像机或红外成像装置和光束发送装置等组成。光纤传输线路由光纤和两端的双向耦合器组成。平时，光纤卷装在导弹尾部，导弹发射后，从尾部顺利拖出。具有双向传输多路信号的能力。一根光纤既可把导引头成像探测器测到的目标区图像信号及导弹飞行信息同时传送给控制装置，又可将控制装置发出的指令信号传送给飞行中的导弹。地面发射控制装置包括显示目标区图像的显示装置和控制导弹飞行的指令形成装置等。

装在导弹头部的摄像机将获取的目标图像转换成电信号，作为调制信号输入光束发送机，产生波长为λ_1的光信号，经光纤传送至发射控制装置，由该装置的光接收机转换为电信号，经显示、人工干预和计算机处理后产生控制信号，由光束发送机转换成波长为λ_2的光制导信号，经光纤传送至导弹上的光束接收机，再转换成电信号输入导弹控制系统，控制导弹飞向目标。

光纤制导导弹具有弹体结构简单、体积小、重量轻、精度高、抗电磁干扰性能强及命中概率高等特点。美国于1972年首先提出光纤制导的设想，20世纪末研制成对付直升机和坦克的EFOG－M型光纤制导导弹，射程达到15千米。

（梁光辉）

dianshi zhidao

电视制导 (television guidance) 采用电视技术导引和控制导弹飞向目标的制导。按工作方式，分为电视遥控制导和电视寻的制导。按所摄入光的波长或强度，分为可见光、红外和微光等电视制导。

电视遥控制导分为两种。一种是将弹上电视摄像头摄取的图像传输到制导站，制导站根据电视图像确定目标，进行识别和跟踪，形成并发出遥控指令，控制导弹飞向目标。另一种是电视摄像头装在制导站，用于捕获和跟踪目标。操纵人员根据电视信息发出无线电指令，控制导弹飞向目标。电视寻的制导是把具有自动寻的功能的电视摄像头装在导弹上，自动跟踪目标，并通过导弹自动驾驶仪控制导弹飞向目标。红外电视制导用红外成像仪替换电视摄像机，具有夜间工作能力。微光电视制导增加光增强器以满足星光条件下的制导。

电视制导具有区别目标和复杂背景的能力，目标难以隐蔽，便于攻击地面目标，具有较高的制导精度，但作用距离受能见度限制，除红外电视制导外，均不适于全天候工作。电视遥控制导发射无线电波，易被干扰。电视寻的制导不需要发射无线电波，不易被干扰。

（唐　宏）

di-kong daodan kongzhi fangfa

地空导弹控制方法 (ground-to-air missile control method) 地空导弹飞行中用控制力改变飞行姿态和方向的方法。通常分为空气动力控制和推力矢量控制。空气动力控制是主要控制方法，是导弹控制系统通过改变导弹空气动力翼面的偏转角度，获得改变飞行方向的控制力矩。推力矢量控制是通过控制导弹发动机主推力相对弹轴的偏移，产生改变导弹飞行方向所需控制力矩。通常在导弹的初制导阶段采用。按控制通道，分为单通道控制、双通道控制和三通道控制。①单通道控制。利用尾喷管斜置或尾翼自旋来控制导弹。弹上设备较少，结构简单，重量轻，可靠性高。主要用于便携式或小型地空导弹。②双通道控制。对导弹只实施横向机动控制，在相互垂直的俯仰和偏航两个通道内进行，对滚动回路只进行稳定而不控制。与单通道控制相比所需设备较多。③三通道控制。对俯仰、偏航和滚动3个通道均进行控制。多数地空导弹控制系统采用这种控制方法。

（万少松）

di-kong daodan zhidao huilu

地空导弹制导回路 (ground-to-air missile guidance circuit) 导引和控制地空导弹飞向目标构成的闭环自动控制系统。以目标运动参数为输入量，导弹运动参数为反馈量。采用遥控指令制导时，包括制导雷达和导弹的无线电控制仪、自动

驾驶仪、弹体；采用寻的制导时，包括导弹的导引头、自动驾驶仪和弹体。

（杨 峰）

di-kong daodan kongzhi bodao

地空导弹控制波道 (ground-to-air missile control wave canal) 地空导弹武器系统中各受控导弹的信息通道。包括给同时攻击目标的各导弹信息通道使用的序号、代码、设备、时间和频率范围等，用于区分空中不同的导弹。数量为一个火力单元能够同时制导导弹的最大数。每个导弹使用的序号和代码，根据导弹攻击的目标和发射的顺序确定。在同一时间段，不能使用相同的序号和代码。

（杨 峰）

SA-2 Gaidelai di-kong daodan wuqi xitong

SA-2"盖德莱"地空导弹武器系统 (SA-2 Guideline ground-to-air missile weapon system) 苏联研制的第一代中高空中程地空导弹武器系统。称"德维纳"，代号C-75。北大西洋条约组织称"盖德莱"(SA-2)。主要用于国土和要地防空，对付轰炸机和高空侦察机。20世纪40年代末开始研制，1957年装备部队，后进行多次改型，共研制出6种型号。苏联大量装备部队。出口东欧、亚洲、中东等20多个国家。1959年10月7日，中国人民解放军空军地空导弹部队使用SA-2型地空导弹在北京地区击落台湾当局空军RB-57D高空侦察机1架，开创世界防空史上用地空导弹击落飞机的先例。武器系统主要由导弹(见图)、发射装置、制导雷达、目标指示雷达和技术保障设备等组成。导弹为两级，采用正常式气动布局，前翼、主翼、舵和稳定尾翼均为"×"形配置。动力装置为1台液体火箭发动机和1台固体火箭助推器。采用多普勒体制无线电引信和高能破片杀伤式战斗部。导弹长10 600毫米，弹径一级650毫米、二级500毫米，翼展一级2 500毫米、二级1 700毫米，最大速度3马赫。倾斜发射。制导雷达工作在S波段，高低和方位均采用线扫描体制，能同时制导3枚导弹攻击1个目标。采用无线电指令制导。射程8～30千米，射高0.45～27.4千米，单发杀伤概率0.70。该武器系统车辆设备多，机动性差，抗干扰能力弱。

（高玉安）



装在发射架上的SA－2地空导弹

SA-6 Genfu di-kong daodan wuqi xitong

SA-6"根弗"地空导弹武器系统 (SA-6 Gainful ground-to-air missile weapon system) 苏联研制的机动式中低空中近程地空导弹武器系统。称"立方"，代号2K12。北大西洋条约组织称"根弗"(SA-6)。主要用于野战防空，对付各种战斗机。20世纪50年代末开始研制，1966年装备部队。出口东欧、亚洲、非洲等10多个国家。1973年第4次中东战争中，埃及使用SA-6取得击落以色列飞机40余架的战绩。武器系统主要由1辆目标搜索制导车、4辆导弹发射车(见图)、2辆运输装填车和1辆电源车等组成。导弹为全动弹翼布局。中部安装2对全动弹翼，尾部装2对带有副翼的稳定尾翼，弹翼与尾翼呈"×—×"形配置。动力装置采用1台固体火箭—冲压组合发动机。采用脉冲体制无线电引信和破片杀伤式战斗部。弹上导引头有6种工作频率可选择，有回波和反射波2个接收天线。导弹长5 850毫米，弹径335毫米，翼展1 214毫米(尾翼)、932毫米(弹翼)，最大速度2.2马赫。三联装倾斜发射。跟踪照射雷达有单脉冲跟踪波道和连续照射波道，其工作频率不同，共用一个圆形抛物面天线。采用全程半主动寻的制导。射程5～24千米，射高0.1～12千米，单发杀伤概率0.80。发射车、搜索制导车均采用履带式底盘，增强地面机动能力。

（高玉安）



SA－6三联装导弹发射车

Xiangweishe di-kong daodan wuqi xitong

"响尾蛇"地空导弹武器系统 (Crotale ground-to-air missile weapon system) 法国研制的自行式低空近程地空导弹武器系统。有1000型(基本型)、2000型、3000型、4000型和5000型。主要用于保卫机场、港口等目标，也可遂行野战防空任务，对付低空、超低空飞行的战斗机、武装直升机和轰炸机。1964年开始研制，1970年装备部队。出口南非、埃及、沙特阿拉伯、巴基斯坦等10多个国家。武器系统由1部搜索指挥车(图1) 和3部发射制导车(图2)组成。搜索

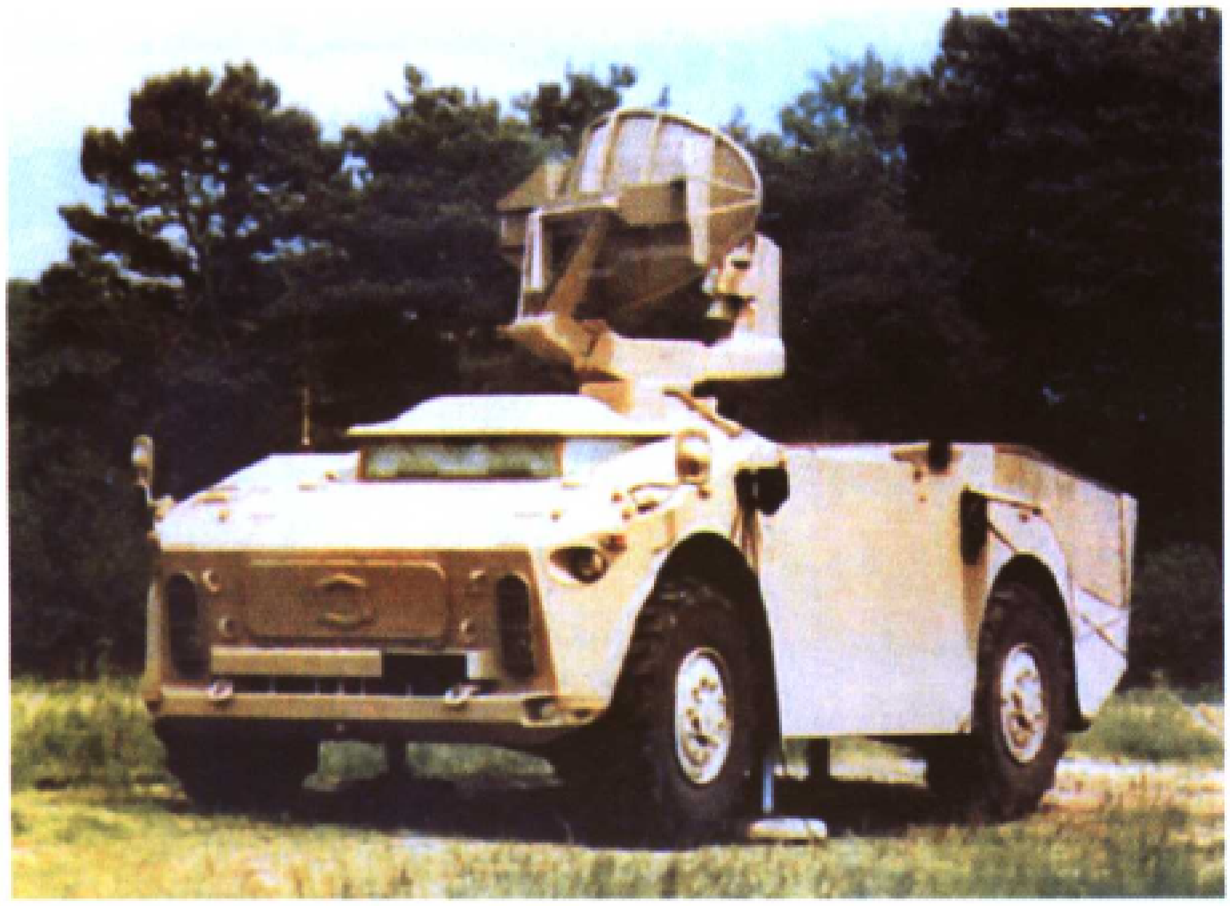

图 1 “响尾蛇”3000 型搜索指挥车


图 2 “响尾蛇”3000 型发射制导车

指挥车装有脉冲多普勒搜索雷达、敌我识别器、数据处理、通信和数传设备，为发射制导车指示目标。发射制导车装有跟踪制导雷达、红外测角仪、导弹发射架等。每部发射制导车装有4枚筒装导弹；跟踪制导雷达采用单脉冲体制，其圆形抛物面天线与红外测角仪一起装在转塔上，二者一起转动。无线电指令制导，同时制导2枚导弹攻击1个目标。导弹为鸭式气动布局，舵面与弹翼呈“×—×”形配置，弹翼由内翼和可伸缩外翼组成。动力装置为单级固体火箭发动机。采用红外近炸引信和破片聚焦式战斗部。导弹长2 940毫米，弹径156毫米，翼展547毫米，最大速度2.2马赫。4联筒装式倾斜发射。射程0.5～8.5千米，射高0.05～3千米，单发杀伤概率0.70。 （高玉安）

Luolante di-kong daodan wuqi xitong

“罗兰特”地空导弹武器系统

(Roland ground-to-air missile weapon system) 联邦德国和法国联合研制的机动式低空近程地空导弹武器系统。主要用于野战防空，对付低空、超低空飞机。有“罗兰特1”、“罗兰特2”、“罗兰特3”3种型号。1964年开始研制，1976年装备法国陆军部队。出口阿根廷、巴西、伊拉克、西班牙等国。武器系统主要由导弹、发射控制装置、地面制导设备和搜索雷达等组成。整个系统装在一辆车上(见图)。导弹采用正常式气动布局，头部装4片前翼；中后部装4片可折叠的大后掠角弹翼，与弹体纵轴有1个安装倾角，使导弹以一定的滚动速度飞行。动力装置为1台固体火箭助推器和1台固体火箭主发动机，两者串联装在一个壳体内，喷管处装有转向器，改变推力方向。采用无线电近炸引信和触发引信，战斗部为多效应空芯装药战斗部。导弹长2 400毫米，弹径160毫米，翼展500毫米，最大速度1.5马赫。基本型采用双联筒装倾斜发射。地面制导设备包括跟踪制导雷达、光学跟踪装置等。跟踪制导雷达采用双通道单脉冲体制，工作在超高频波段；光学跟踪装置由光学瞄准具和红外测角仪组成，瞄准具是一个10倍望远镜，测角仪有宽、窄两个视场。搜索雷达采用脉冲多普勒体制，工作在D波段，可在行进中搜索，给制导雷达指示目标。采用无线电指令制导。射程0.5～6千米，射高0.015～4.5千米，单发杀伤概率0.90。载车采用坦克或步兵战车底盘，机动性好。

（高玉安）

SA-10 Gelongbu di-kong daodan wuqi xitong

SA–10“格龙布”地空导弹武器系统

(SA-10 Grumble ground-to-air missile weapon system) 苏联研制的中高空中远程地空导弹武器系统。代号C–300。北大西洋条约组织称“格龙布”(SA–10)。基本型对付飞机和巡航导弹，改进型具有一定的反战术弹道导弹能力。20世纪70年代初开始研制，先后研制了C–300П(SA–10A)、C–300ПМУ(SA–10B)、C–300ПМУ1(SA–10C)、C–300ПМУ2(SA–10D)4种型号，分别于1980年、1985年、1993年、1996年装备部队。除俄罗斯联邦装备外，还出口白俄罗斯、乌克兰、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、伊朗和叙利亚等国。武器系统主要由导弹、多功能相控阵照射制导雷达、目标指示雷达、低空补盲雷达、发射设备(车)及技术保障设备等组成。导弹采用无翼正常式气动布局，装有4片尾舵，舵面为折叠式。动力装置采用单级单推力固体火箭发动机，采用无线电近炸引信和破片杀伤式战斗部。弹体密封在发射筒中，筒内装有燃气弹射装置。SA–10B型导弹弹长7 250毫米，弹径508毫米，翼展1 134毫米，最大速度1 860米/秒，最大射程75千米，最大射高27千米，单发杀伤概率0.70～0.93。四联装垂直冷发射。多功能相控阵照射制导雷达工作在X波段，与指挥控制舱装在


“罗兰特 2”地空导弹武器系统



С－300ПМУ1地空导弹武器系统

同一МАЗ－543车上，对目标进行搜索、跟踪、照射和对导弹制导，能同时制导12枚导弹攻击6个目标（见图）。采用无线电指令加末端TVM制导。

（高玉安）

FIM-92 Duci di-kong daodan wuqi xitong

FIM－92“毒刺”地空导弹武器系统 (FIM-92 Stinger ground-to-air missile weapon system)　美国研制的第二代便携式肩射地空导弹武器系统。主要用于野战防空，对付低空、超低空飞行的飞机和武装直升机。基本型导弹于1972年开始研制，1981年装备部队。现有4种型号，即基本型FIM－92A，被动光学导引头(POST)型FIM－92B，可重编程微处理器(RMP)型FIM－92C、FIM－92D。4种型号导弹的差别在于导引头。在阿富汗战争中发射“毒刺”导弹340枚，命中目标269个，有效率达0.79。武器系统(见图)由筒弹、电池/致冷组合、发射装置、敌我识别器等组成。导弹采用鸭式气动布局，弹体前部装有2对折叠式控制舵面，其中1对是固定的，另1对是活动的；弹体尾部有4片折叠式尾翼，尾翼与导弹纵轴有1个安装倾角，保证导弹飞行有一定滚动角速度。FIM－92A导弹的红外寻的导引头采用锑化铟探测器，能敏感金属表面辐射热及喷气发动机排出的热气流。FIM－92B采用图像扫描光学系统，具有红外/紫外双色探测器及2个微处理器，增大目标探测范围和识别目标能力。FIM－92C、FIM－92D导引头装有可重编程微处理器，只要更换软件，就可对付新的威胁。动力装置为1台起飞发动机和1台主航发动机。起飞发动机为固体火箭发动机，在发射筒内燃烧完毕后，使导弹获得一定初速和滚动速度飞离发射筒；主航发动机为单室双推力固体火箭发动机，在导弹离筒7～8米后点火。采用触发引信和破片杀伤式战斗部。导弹长1 520毫米，弹径70毫米，翼展91毫米，最大速度2.2马赫。单兵肩射。发射装置由发射筒、光学瞄准具、发射机构等组成。采用被动红外制导。FIM－92A导弹射程0.2～4千米，射高≤3.5千米。



“毒刺”地空导弹武器系统

（高玉安）

MIM-104 Aiguozhe di-kong daodan wuqi xitong

MIM－104“爱国者”地空导弹武器系统 (MIM-104 Patriot ground-to-air missile weapon system)　美国研制的第三代中高空地空导弹武器系统。主要用于要地防空，对付高性能飞机、空地导弹、巡航导弹和战术弹道导弹。1965年开始研制，1985年装备部队。出口沙特阿拉伯、以色列、日本、德国等国。1984年以来，为提高反战术弹道导弹的能力，“爱国者”有PAC－1、PAC－2、PAC－3三种改进型。1991年海湾战争中，美国用“爱国者”(PAC－2)多次成功拦截伊拉克发射的“飞毛腿”战术弹道导弹。武器系统由导弹、发射车(见图)、相控阵雷达车、指挥控制车、天线车、电源车等组成。导弹采用无翼正常式气动布局，尾部有4片按“×”形配置的梯形舵面，由天线罩、制导舱、战斗部舱、动力装置和控制机构等组成。制导舱装有半主动寻的导引头、遥控发射机/接收机和自动驾驶仪。动力装置为1台固体火箭发动机。采用无线电引信和破片杀伤式战斗部。基本型导弹长5 300毫米，弹径410毫米，翼展870毫米，最大速度5～6马赫。四联装箱倾斜(38°)发射。多功能相控阵雷达采用全相参脉间频率捷变、旁瓣抑制、单脉冲测角和动目标检测等多项技术。可搜索、监视100个目标，同时跟踪8个目标，制导8枚导弹拦截3个目标。采用无线电指令和末端TVM制导，射程3～80千米，射高0.3～24千米，单发杀伤概率0.80。



“爱国者”地空导弹武器系统

（高玉安）

SA-12 Doushi di-kong daodan wuqi xitong

SA－12“斗士”地空导弹武器系统 (SA-12 Gladiator ground-to-air missile weapon system)　苏联研制的反导和反飞机兼容的中远程地空导弹武器系统。代号C－300B。北大西洋条约组织称“斗士”(SA－12)。主要对付战术弹道导弹、巡航导弹和侦察机、预警机、电子干扰机、空地导弹载机等。20世纪70年代中期开始研制，系统配备9M82(Ⅰ型)和9M83(Ⅱ型)两种型号导弹，分别于1987年和1992年装备部队。除俄罗斯联邦装备外，还出口白俄罗斯、乌克兰、印度、科威特等国。武器系统主要由导弹、发射车、制导站等组成(见图)。全部装在机动性强的履带运输车上。两种导弹均采用无翼正常式布局，尾部装4片气动舵片和4片固定小尾翼。动力装置为1台固体助推器和1台固体火箭发动机。采用无线电引信和



SA－12地空导弹武器系统

定向预制破片杀伤式战斗部。导弹长9 918毫米(Ⅰ型)、7 800毫米(Ⅱ型)，弹径715毫米，最大速度2 400米/秒(Ⅰ型)、1 700米/秒(Ⅱ型)。2联(Ⅰ型)或4联(Ⅱ型)筒装垂直冷发射。照射制导雷达由制导站控制，进行目标照射、导引和控制导弹。制导站接收上级指挥设备指示的目标信息，其雷达保持对低空扇区内新目标进行搜索跟踪，可同时跟踪12个目标，拦截其中的6个目标。采用惯性加无线电指令修正加半主动寻的制导，最大射程对飞机100千米(Ⅰ型)、75千米(Ⅱ型)，对弹道导弹40千米(Ⅰ型、Ⅱ型)；最小射程13千米(Ⅰ型)、6～8千米(Ⅱ型)；最大射高对飞机30千米(Ⅰ型)、25千米(Ⅱ型)，对弹道导弹25千米(Ⅰ型、Ⅱ型)；最小射高对飞机0.025千米(Ⅱ型)，对弹道导弹2千米(Ⅰ型、Ⅱ型)；单发杀伤概率对飞机0.70～0.90，对弹道导弹0.40～0.70。

（高玉安）

Tonggusika danpao jiehe wuqi xitong
“通古斯卡”弹炮结合武器系统
(ТУНГУСКА missile-gun integrated weapon system)　苏联研制的自行式弹炮结合防空武器系统。代号2K22M。北大西洋条约组织称“格森” Grison (SA－19)。主要用于野战防空，对付低空飞行的飞机和武装直升机。20世纪80年代初开始研制，1987年装备部队。武器系统由8枚9M311导弹、2门2A38M式30毫米双管自动高射炮、发射装置、火控和通信设备等组成(见图)。全部作战装备装在一辆履带车上。导弹为两级火箭，一级为固体火箭，二级为无动力火箭，采用鸭式布局，导弹前部有4个固定翼和4个控制面。一级发动机工作结束后与二级分离，二级无动力飞行。采用激光近炸引信和破片、连杆杀伤式战斗部。弹长2 560毫米，弹径152毫米(一级)、76毫米(二级)，翼展30毫米(一级)、15毫米(二级)，最大速度2.6马赫。八联筒装倾斜发射。高射炮与导弹发射装置一起随动，高射炮射击速率达5 000发/分。火控设备由雷达计算机和光学瞄准具组成。雷达由目标搜索雷达和目标跟踪雷达及敌我识别器组成。跟踪雷达工作在J波段，搜索雷达工作在E波段。计算机监视武器系统的状态，给出目标参数，计算高射炮和导弹射击诸元。光学瞄准具装在炮塔顶部，用于探测跟踪，提高系统抗电子干扰能力。导弹采用半自动无线电指令制导。射程2.5～8千米(导弹)、0.2～4千米(火炮)，射高0.015～3.5千米(导弹)、0～3千米(火炮)，杀伤概率0.65(导弹单发)、0.60(火炮连发)。该系统满足导弹和高射炮在射程上的分工及配合，能较好地发挥各自优势。

（高玉安）



“通古斯卡”弹炮结合防空武器系统

Tiangong di-kong daodan wuqi xitong
“天弓”地空导弹武器系统　(Sky Bow ground-to-air missile weapon system)
中国台湾研制的地空导弹武器系统。已有“天弓1”和“天弓2”两种型号。“天弓1”是中低空、中近程地空导弹武器系统，主要用于对付中低空飞机。在美国提供技术的基础上，1982年开始研制，1992年投入批量生产。武器系统由导弹、发射装置、“长白”相控阵雷达、照射雷达、指挥控制中心和电源车等组成。导弹的外形和尺寸与美国的“爱国者”相似，采用无翼正常式气动布局，位于弹体尾部的4片舵面呈“×”形配置。动力装置为1台固体火箭发动机。采用近炸和触发引信及破片杀伤式战斗部。导弹长5 300毫米，弹径410毫米，最大速度3.5马赫。四联箱装倾斜发射。射程60千米，射高0.030～23千米。“长白”相控阵雷达完成探测、识别、跟踪和制导功能。照射雷达采用连续波体制，在导弹飞行末端始终照射目标，系统对付目标的数量取决于所配照射雷达的数量。指挥控制中心设在相控阵雷达车厢内，由计算机、通信和显示控制设备组成，接收上级C^3I系统和本级相控阵雷达的信息，进行威胁判断、拦截计算、发射架选择和战果评估。采用中段无线电指令制导加末段半主动雷达寻的制导。

“天弓2”是在“天弓1”基础上研制的中高空、中远程地空导弹武器系统。1990年定型，1992年开始生产。导弹装主动雷达寻的导引头，并增加一级固体助推器，为两级串联导弹。制导雷达仍用“长白”相控阵雷达，无照射雷达。导弹具有“发射后不管”的功能，采用中段无线电指令加末段主动寻的制导，



“天弓2”地空导弹

能同时射击6个空中目标。最大射程80千米，最大射高25千米。20世纪末中国台湾当局开始研制具有反战术弹道导弹能力的“天弓3”地空导弹武器系统。

（高玉安）

Jian di-kong daodan wuqi xitong

“箭”地空导弹武器系统 （Arrow ground-to-air missile weapon system） 以色列和美国共同研制的机动式反战术弹道导弹武器系统。主要用于要地防空，拦截中近程弹道导弹和巡航导弹、飞机。1988年开始研制。有“箭1”和“箭2”两种型号。武器系统由导弹、发射装置、早期预警与火控系统组成(见图)。“箭1”装红外导引头，动力装置为1台固体火箭发动机。“箭2”是“箭1”的改进型，动力装置增加1台固体火箭助推器，拦截高度和距离提高2倍；装有红外和雷达双模导引头，红外导引头用于拦截战术弹道导弹，主动雷达导引头用于对付巡航导弹和飞机。发射装置由6联筒装式发射架和发射控制设备组成。火控系统由雷达、电源设备、通信和火控中心组成。系统采用EL/M－2080相控阵雷达，工作在L波段。提供搜索、探测、预警、跟踪和制导等功能。能处理百余个目标信息，同时跟踪12枚战术弹道导弹(或弹头)，引导2枚导弹攻击1个目标。“箭2”导弹长7 000毫米，弹径800毫米，最大速度9马赫，杀伤概率0.90，垂直热发射，最大射程90千米，射高8～50千米。

（高玉安）



“箭”地空导弹武器系统

高射炮技术

gaoshepao jishu

高射炮技术 （antiaircraft gun technology） 直接应用于空军高射炮装备及其研制、使用、维修技术的总称。空军技术的组成部分。空军高射炮兵战斗力的重要因素。与火炮、弹药、雷达、光学、光电信息处理、计算机、弹道学、自动控制等技术密切相关。

主要内容 包括空军高射炮武器装备技术、武器装备研制技术、武器装备使用技术和武器装备维修技术。

武器装备技术 高射炮装备所应用的技术。主要包括高射炮技术，高射炮弹药技术，目标探测、跟踪技术，火控技术和指挥控制技术。

①高射炮技术。高射炮是应用火药及其他能源在长筒形密闭容器中做功的热机技术、自动连续发射的自动机技术、保证360°方向及近90°的高低平稳转动和自身独立跟踪瞄准目标的瞄准机技术、连续准确跟踪瞄准目标自动控制技术和稳定发射及运行平台技术的综合体。炮身长，内弹道技术复杂，是高初速技术的核心。在大、中口径高射炮中，高射速主要利用后坐能量的发射机技术；在小口径高射炮中，高射速有的采用多管联装或转管式、转膛式自动机技术，有的采用导气式自动机技术，有的采用浮动原理保证连续发射的平稳。采用气（液）压技术缓冲发射时后坐力对发射平台的冲击；采用模拟或数字自动控制技术，达到规定的瞄准、调转速度；采用机械、液压自动调节底盘技术和发动机技术，保证发射平台和运行的平稳。

②高射炮弹药技术。高射炮弹主要应用内、外弹道技术，弹体设计技术，火药、炸药技术，机械或电子精确授时及敏感控制技术。弹丸具有良好的空气动力外形，激波、摩擦和涡流阻力小，陀螺稳定性能好；应用发射装药技术和内弹道技术实现弹丸的高初速；弹体破片及预装子弹设计与弹体装药、外弹道技术的结合，保证弹丸终点弹道精度和威力；炮弹引信应用精密测量、微电子和精确敏感控制技术，实现与实测初速相适应的可编程、近炸等功能。

③目标探测、跟踪技术。高射炮武器系统中对目标进行搜索、跟踪、定位采用的技术。包括：雷达、光学、电视、红外、微光、激光等跟踪和测距技术，精密转塔的自动随动装置技术，抗干扰、抗诱饵技术，抗地物杂波影响的低空探测、跟踪技术，边搜索边跟踪技术等。为提高角跟踪精度，炮瞄雷达从顺序波束、圆锥扫描发展到单脉冲体制；采用光电跟踪设备、成像技术和图像跟踪技术。雷达、光学、光电的综合探测技术优势互补，灵活运用，提高了系统的反干扰、反摧毁能力和跟踪精度。炮瞄雷达采用全相参、单脉冲、脉冲压缩、脉冲多普勒、动目标检测体制和集方位、高低、距离、速度为一体的“四维”跟踪等技术体制，使雷达电子对抗能力、跟踪低空和超低空快速目标的能力大大提高，也为火控计算机提供更多的目标参数，提高了射击诸元解算的精度，缩短了反应时间。

④火控技术。控制高射炮进行有效射击的技术。包括计算机技术、数据采集与平滑技术、目标运动规律预测技术、弹道拟合技术、射击诸元解算技术、控制信息及诸元传输技术等。射击诸元解算技术从机械、机电模拟解算、数模混合解算发展到数字解算技术，使反应时间大为缩短，解算精度大为提高，控制功能不断增多，实现大闭环实时校正，提高了射击命中概率。目标运动规律预测技术的发展，使目标运动假定模式从单一的等速水平直线，逐步扩充到等速直线、匀加速、俯冲、内外环绕等多种假定模式，更有效抗击机动目标。

⑤指挥控制技术。作战指挥行动及其设备中应用的技术。包括以目标探测技术和计算机软、硬件技术为基础的情报信息获取与处理技术、指挥通信、武器遥控等技术。情报信息获取与处理技术从单一接收远方空情通报发展到接收以目标雷达、哨所雷达为主体的近方情报网和预警飞机、卫星空情的多源情报所需的信息接口、采集、综合处理技术。威胁判断、专家决策、火力分配所需的可视情修改或重新建模和编程的软件技术。以光缆、超短波、微波接力为干线的数传指挥通信技术和直接操控兵器的遥测遥控技术等。

武器装备研制技术 开展新型高射炮武器装备论证设计、加工制造、装配调度、靶场考核、射表编制、鉴定定型和验收试用等环节所采用的技术。包括论证设计中的性能指标论证、作战效能评估、效费比评估、仿真设计等技术；制造和调试中的精密铸造、高精度专用加工、数控加工、热处理技术；靶场考核中的静动态跟瞄精度、内外弹道精密检测、立靶密集度、毁伤概率、威力、寿命和环境适应性考核等技术；验收试验中的综合评估技术和可靠性、维修性统计评定技术等。为提高研制质量、进度和评估的置信度，节省研发经费，广泛采用以计算机为核心的数字化评估、设计、加工和测试设备，强化标准化建设，采取网络化计划调度，严格执行质量管理。

武器装备使用技术 高射炮兵战勤人员操纵使用武器装备和技术设备的专业技术、技能。分为射击指挥、战斗操作、伪装防护和模拟训练等技术、技能。包括射击指挥中灵活运用指挥自动化系统的各种人机界面，实时人工干预、正确判断威胁的技能；复杂电磁环境中正确识别干扰种类和强度，灵活运用各种探测设备技术体制和工作状态的应变能力；熟练操控火炮调转、瞄准、跟踪和射击的技能；各种探测设备和各门火炮的精确标定和调平技能；伪装防护器具、模拟训练器和靶场设备等使用技术。

武器装备维修技术 保持和恢复高射炮装备良好状态的维护和修理技术。包括在线检测、在线自检、不解体无损探伤、战场抢修和保养自动化等技术。①在线检测技术。不关掉装备使用电源，利用专用检测设备进行故障检测和排除的技术。②在线自检技术。利用兵器本身自检系统进行状态、性能检查和故障定位的技术。③不解体无损探伤技术。包括应用计算机技术和故障树理论分析判断故障，应用无损探伤器材不解体检测等技术。④战场抢修技术。包括战场快速换件抢修技术、战场快速分解结合技术、战场武器拼装技术等。⑤保养自动化技术。包括自动拭炮膛、自动换（注）油、自动充气（液）和年维护自动拆、装技术等。

简史 高射炮技术是根据防空作战的需要，在线膛地炮技术基础上发展起来的。20世纪初改装野战加农炮为高射炮，出现长身管、高初速的高射炮技术。同时使用光学测距机、听音机和探照灯等装置配合高射炮作战，对空中目标的探测技术开始发展。30年代，模拟计算技术出现，英国、美国研制成功机械模拟式*高射炮射击指挥仪*，后又发展为机电模拟式射击指挥仪，并用电缆将指挥仪计算的射击诸元传递到各门高射炮上，构成高射炮武器系统的雏形；英国应用雷达技术成功研制*警戒雷达*，提供远方情报保障；美国研制的第一部SCR-268型炮瞄雷达投入使用，与高射炮射击指挥仪配合，形成较完整的*高射炮火控系统*，火控技术得到进一步发展。

第二次世界大战期间，高射炮技术得到进一步发展，性能更好的高射炮、炮瞄雷达和机电模拟式射击指挥仪研制成功。据不完全统计，当时世界各国大、中、小口径的高射炮有25种60个型号。其中，有利用多管联装和底盘发动机技术研制的多管自行式高射炮。战后，电子技术的发展和自动供输弹等技术的出现，高射炮技术又进一步发展，研制了许多新型高射炮和将炮瞄雷达、指挥仪、火炮安装在同一车体上的*自行式高射炮武器系统*。20世纪60～70年代，随着计算机技术的广泛应用和新型火炮自动机技术、火控技术的发展，出现一些小口径高射炮系统。技术性能以提高精度、自动化程度和机动性能为主。80年代以来，高射炮技术广泛应用计算机技术、微电子技术、精密机械技术和雷达、光电等新技术，研制了一批性能先进的高射炮武器系统，如中国25毫米4管自行式高射炮武器系统、35毫米双管牵引式和37毫米双管自行式高射炮武器系统等；应用导气、浮动式和转管发射技术，使射速和精度大幅提高；应用电子和近炸引信预制破弹等技术，使弹药威力更大；应用全相参脉冲多普勒等技术使雷达的威力、精度和抗干扰能力达到新的水平；应用红外、电视、激光等探测技术，使抗干扰和夜战能力进一步提高；应用数字解算和传输技术使系统反应时间大大缩短，抗多目标的能力有较大提高；应用指挥自动化技术和先进的通信技术，使情报、指挥和控制能力达到更高水平；配套的作战训练、技术等保障装备有新的发展，提高了保障能力。

展望 随着空袭兵器的发展和远距离投放制导炸弹成功率的增大，小口径高射炮技术将逐渐转向以抗击空对地精确制导武器及*武装直升机*为主。“反导高炮”技术将成为发展的主要方向。为此，高射炮技术将着重发展全天候、能对付快速小目标、高机动目标、抗干扰能力强、反应时间短的火控系统技术和与精度相匹配的高射速高射炮技术。应用无人操控或单人操控技术研制新型高射炮。应用微电子、光电技术研制制导炮弹或智能炮弹。此外，集先进的火力、火控和车体于一体的自行式高射炮技术和新型弹炮结合防空武器技术也将成为发展的重点。 （高尚瑞 贺 飞）

gaoshepao zhuangbei

高射炮装备 (antiaircraft gun equipment) 高射炮兵实施和保障防空作战的武器、武器系统和技术设备、器材的统称。*空军装备*的组成部分。属通用装备。分为战斗装备和保障装备。①战斗装备。直接用于对空作战的装备。由火力分系统、火控分系统及其配套的相关设备组成。②保障

装备。保障持续、有效地进行对空战斗的设备和器材等。分为作战保障、训练保障和技术保障3类。作战保障装备包括指挥自动化系统、目标指示雷达、气象雷达和伪装器材等；训练保障装备包括模拟训练器、靶标和高射炮避开仪、射击检查仪等；技术保障装备包括弹药供应车、油料供应车、机械维修工程车、电子维修工程车和中继级、基层级用于装备技术保障的各种仪器、仪表和机具等。

随着科学技术的进步，高射炮装备将向高射速、多弹种、数字化、自动化和信息与火力一体化方向发展，进一步提高在复杂电磁环境中抗击低空、超低空目标的作战效能，具备一定的反导能力。

（贺 飞 李承统）

gaoshepao wuqi xitong

高射炮武器系统 (antiaircraft gun weapon system) 高射炮及其配套装备的总称。具有火力猛、反应快、电子对抗能力强、机动性能好等特点。是抗击中低空、超低空目标的有效武器。现代防空武器系统的组成部分。主要性能指标有：高射炮、弹药和探测装置的威力，对目标的跟踪、瞄准速度，反应时间，机动能力，电子对抗能力，可靠性和维修性等。

分类 按运行方式，分为牵引式高射炮武器系统和自行式高射炮武器系统。按高射炮口径，分为小口径、中口径和大口径高射炮武器系统。按探测跟踪装置，分为全天候、晴天候和晴天昼间高射炮武器系统。按作战平台，分为陆基高射炮武器系统和舰载高射炮武器系统。具有反导能力的高射炮武器系统还称为近程反导高射炮武器系统。

组成 由火力系统、火控系统和保障设备组成。①火力系统。主要由高射炮及其配套的弹药组成。牵引式高射炮武器系统中通常由数门高射炮及其配套炮瞄雷达、高射炮射击指挥仪（光学跟踪和测距装置、火控计算机）、弹药和电源机组成；自行式高射炮武器系统的火力分系统一般都配有数门多管高射炮，先进的只有1门高射速多管高射炮，均配有相应的弹药。②火控系统。主要由探测跟踪装置、指挥仪或火控计算机和指挥控制设备等组成。牵引式高射炮武器系统的火控分系统与高射炮分开配置。早期火控分系统由炮瞄雷达和机电式射击指挥仪构成，分别装在两个车体上。现代火控分系统集雷达、光学、光电探测装置、数字式火控计算机于一体。指挥控制设备通常由一套火控系统控制2～8门高射炮。自行式高射炮武器系统的火控与火力分系统装在同一车体上，每门自行式高射炮均可独立作战，有的还配有带搜索雷达和自动化指挥系统的指挥车，实现武器系统的协调作战。③保障设备。由配属于高射炮和火控系统中的自动检测设备、弹药保障车、机械维修工程车、电子维修工程车、伪装器材和模拟训练器等构成。

作战过程 火控系统收集、分析、处理各类情报，搜索、识别、跟踪目标，判定目标的威胁程度和射击的可能性，实施火力分配，连续测定目标坐标，计算射击诸元（目标提前方位角、射角和引信值），并将其不断地传给高射炮随动装置；随动装置驱动并控制高射炮跟踪瞄准适时射击，依靠弹丸直接撞击或接近目标炸裂的弹片（或子弹）的动能和冲击波毁伤目标。

简史 高射炮武器系统是在高射炮火力系统的基础上发展而成的。第一次世界大战中使用的是人工操控的高射炮和品种单一、性能较差的榴弹。炮上装有简易的环形瞄准具，有的用光学测距机、听音机、探照灯等器材配合高射炮对空作战，射击精度低，易受天气影响。20世纪30年代出现了用机械模拟式高射炮射击指挥仪计算射击诸元的火控装置，后来又发展为机电模拟式射击指挥仪，并用电缆将射击诸元传送至各门高射炮上，构成高射炮武器系统的雏形。第二次世界大战期间，出现多种由炮瞄雷达、机电模拟式射击指挥仪和数门装有光学或机械向量瞄准具的高射炮组成的高射炮武器系统。能够在全天候条件下测定目标坐标，高射炮上增加了随动装置，能进行自动和半自动瞄准，消除人工操作的误差，提高瞄准速度和射击精度。高射炮弹药也有较大改进，且品种增多。60年代，许多国家停止发展大、中口径高射炮武器系统，着重发展小口径高射炮武器系统，出现性能较先进的20～60毫米牵引式高射炮武器系统，以及将高射炮、探测装置、火控计算机合为一体的自行式高射炮武器系统。80年代以来，随着战场需求的变化和科学技术的进步，高射炮大多具有全自动多管高射速性能（已有12管，射速达10 000发／分），并配用多种弹药，以抗击不同的目标。高射速高射炮和以近炸（或电子）引信预制破片弹为代表的弹药的使用，使抗击效率大幅度提高；电视跟踪仪、红外成像仪、激光测距机等光电探测装置和四维跟踪炮瞄雷达共同组成的火控系统，提高了全天候探测、抗干扰、处理多批目标和自动指挥控制的能力，使求解射击诸元的速度和精度进一步提高，系统反应时间缩短为4～10秒左右。为满足机动作战的要求，自行式高射炮武器系统发展迅速。

高技术在高射炮武器系统中的应用，提高了高射炮武器系统的作战训练和技术保障效能。例如，以模拟训练器为主体的训练保障器材，可对火力、火控系统各操作手进行训练、检查和考核；以检测维修车（或方舱）为主体的技术保障设备，自身除携带足够数量的元器件和工具外，还能快速地完成抢修任务；弹药保障车能快速及时地向高射炮供应弹药，以保证高射速的需求；现代伪装器材使高射炮武器系统隐真示假的手段更加多样和逼真。

发展趋势 为有效对付空中威胁，小口径高射炮武器系统将向既能抗击飞机又能抗击巡航导弹和战术空地导弹以及战术地地导弹的方向发展。口径相对较大的小口径高射炮武器系统和中口径高射炮武器系统，重点是提高自动化程度和发展近炸引信、预制破片弹等智能弹药；口径相对较小的小口径高射炮武器系统，将向近程反导武器系统方向发展，重点是提高昼夜发现跟踪低空、超低空飞行的小型（有效反射截面积为0.1平方米以下）、快速（2倍音速以上）目标能力和提高射速（3000发／分以上）。弹炮结合防空武器系统是高射炮武器系统又一个重要发展方向。

（高尚瑞 牟超峰）

qianyinshi gaoshepao wuqi xitong

牵引式高射炮武器系统 (towed anti-aircraft gun weapon system) 由牵引车牵引运行的高射炮武器系统。具有射击精度较高，结构相对简单，易于操作，造价低，弹药和维修保障方便等特点，但机动性能较差。主要用于要地防空，也可用于野战防空。

20世纪50～60年代的牵引式高射炮武器系统，大多由4～8门装有随动装置

和机械向量对空瞄准具的高射炮及配用弹药组成火力系统；由装有光学探测装置的机电模拟式射击指挥仪和炮瞄雷达两个独立的牵引单体构成火控系统；由情报、通信和指挥作业器材等组成单独的指控系统。此外，还配有油机、维修工具和零备件箱及牵引车辆等。中国59式57毫米和100毫米高射炮武器系统，是60年代性能较好的牵引式高射炮武器系统。

70年代以来，牵引式高射炮武器系统一般配备有较先进的随动装置和电子瞄准计算装置的小口径高射炮，弹药也更为多样和高效，有的还配备无线电或电子近炸引信预制破片弹；多数火控系统将探测装置(雷达、光学、光电)、计算机解算装置和指挥控制装置合装于同一车体内，构成一辆相对独立的火控车。技术含量的提高，保障任务的加重，使具有自动检测功能的检测维修车、单元模拟训练器等作战保障设备成为高射炮武器系统的重要组成部分。此外，还配有电站和牵引车等。瑞士35毫米双管牵引式高射炮武器系统就是典型代表。其射击精度高，射速快（2×550发／分)，雷达体制先进，抗干扰能力较强，具有较高的抗击效能。

牵引式高射炮武器系统各牵引单体之间依靠有线传输的方式进行信息沟通，传输模拟或数字信号，可利用多种探测方式的组合参数进行解算求取射击诸元。每门高射炮上都装有光学或电子瞄准具，具有较强的抗干扰能力和夜战能力，且价格便宜，便于大量装备，目前仍在相对固定阵地的防空中广泛使用。随着技术的进步，牵引式高射炮武器系统将向遥控的高射速“反导高炮”方向发展，并将进一步提高火力、火控系统的性能以及快速机动、分散配置和伪装防护的能力。

（高尚瑞）

zixingshi gaoshepao wuqi xitong

自行式高射炮武器系统 (self-propelled antiaircraft gun weapon system)

依靠自身动力驱动行进的高射炮武器系统。按车辆底盘不同，分为履带式和轮式。具有战斗准备时间短、机动能力强、可在行进间射击等特点。能伴随机械化部队作战，掩护重要武器装备、军用物资的机动转移和输送。

早期的自行式高射炮武器系统，将各门高射炮和共用的火控系统分别装在各自的车辆底盘上，其工作方式与牵引式高射炮武器系统相近，只是提高了机动性能。现代自行式高射炮武器系统将火力和火控系统装在同一车辆底盘上，每门自行式高射炮都是一个独立的高射炮武器系统(见图)。一个火力单位的编成，根据性能和抗击任务的不同而异，少则1门，多则6～8门。

由多门自行式高射炮组成的自行式高射炮武器系统，编成内通常有带搜索雷达的指挥车、技术保障车和弹药供应车，有的还有供训练用模拟训练器和电源车等。现代自行式高射炮武器系统所使用的高射炮多为多管联装小口径高射炮，瞄准线和射线稳定装置可满足行进间射击的需要，并配有多种弹药以适应抗击不同目标的需要。火控系统一般配有搜索、跟踪雷达及光学、光电等探测装置，具有很强的抗干扰和夜战能力。目标坐标信息直接传输给车内的计算机解算装置，解算出的射击诸元又直接传输给随动装置带动火炮跟踪瞄准射击。每辆自行式高射炮既可通过无线方式接收指挥车的情报信息和指令实施集火射击，又可单独执行搜索跟踪、瞄准射击的任务。自行式高射炮武器系统是高射炮武器系统的重要发展方向。



德国“猎豹”35毫米双管自行式高射炮武器系统

（高尚瑞）

fandao gaoshepao wuqi xitong

反导高射炮武器系统 (antimissile antiaircraft gun weapon system)

能有效抗击巡航导弹和其他战术导弹的高射炮武器系统。主要用于末端防御，在低空、近程拦截来袭导弹，也可用于抗击战斗轰炸机、武装直升机等低空进袭的其他空中目标。

20世纪80年代，随着舰舰、空舰导弹威胁的增大，舰载反导高射炮武器系统应运而生。美国首先装备了“密集阵”20毫米6管转管反导武器系统，荷兰、苏联也分别研制了“守门员”和“嘎什坦”舰载转管反导武器系统。90年代，随着远程巡航导弹和空地战术导弹的大量使用，美国、俄罗斯联邦等国又利用原有舰载反导高射炮技术研制了陆基反导高射炮武器系统和弹炮结合防空武器系统。

反导高射炮武器系统在组成上与普通高射炮系统基本相同，但在性能指标上要求更高，主要体现在：全系统精度小于2密位，系统反应时间一般不大于6秒，毁伤概率在0.90左右；火控系统采用四维（方位、高低、距离、速度）跟踪的火控雷达、光电、光学构成的综合探测跟踪装置和低空跟踪、快速反应、高精度抗电子干扰等技术；具备全天候发现和处理多批高速目标(目标有效反射面积≤0.1平方米、目标速度≥2马赫)的能力；有的还具备实时大闭环校射的能力。火炮大多采用20～30毫米口径，6～12管的转管高射炮，射速为4 200～10 000发／分。采用35～40毫米口径的高射炮，射速约500～600发／分，配用可编程近炸引信预制破片弹，以提高空间火力密度。火炮的高低瞄准速度为60°～175°／秒、方向瞄准速度为90°～180°/秒；有的采用“双重命中”杀伤机理，即在1 000米以内发射高速脱壳穿甲弹，在1 000米以外发射可编程近炸引信预制破片弹，以提高全程拦截的毁伤概率。反导高射炮系统多为火力、火控和载车“三位一体”自行式高射炮武器系统。

随着高技术的发展，反导高射炮武器系统将进一步提高探测能力和快速反应能力，提高射速和弹丸威力，以及提高拦截战术导弹和精确制导炸弹的能力。

（高尚瑞）

gaoshepao huoli xitong

高射炮火力系统 (antiaircraft gun fire system) 高射炮及其配用弹药的总称。高射炮武器系统的主体。

一套高射炮武器系统中的火力系统通常由数门高射炮及其配用的弹药构成。作战效能与高射炮的口径、初速、射速、射程、射高、射击精度和弹药性能等直接相关。20世纪50年代的高射炮武器系统，多为8门制火力编配，在一般条件下对典型目标的毁伤概率最高在0.30左右。随着技术的进步，高射炮的射速、精度和弹药水平大大提高，火控技术有了新的突破，使高射炮武器系统的毁伤效能大幅度提高。现代高射炮武器系统只编配1～4门高射炮，就可使一定条件下的毁伤概率达到或超过50%，而且战术运用更加灵活，编制大为精简。现代高射炮火力系统与火控系统的联系更为直接，甚至密不可分。如现代自行式高射炮，就是集火力与火控系统于一体的作战单元，其火力与火控系统几乎一一对应。

高射炮配用弹药是火力系统的重要组成部分。根据抗击不同目标的需要，配用多种类型的弹药，依据射速、管数和作战的需要配备不同的弹药基数。高射炮弹药的性能将直接影响火力密度和毁歼效能，也要求相应性能的火控系统与其匹配。

火力系统的工作受火控系统的控制。牵引式高射炮武器系统的火控系统输出的射击诸元（射角、提前方位角、引信值），可以通过中央配电箱分配到各门高射炮上，也可以由火控系统直接传输到各门高射炮上。自行式高射炮的信息传输控制则可在一个车体内直接完成。

随着科学技术的进步，高射炮火力系统的自动化程度越来越高，无人操控的高射炮火力系统已经问世。高射速、高精度的高射炮和高性能弹药的出现，使高射炮武器系统的作战能力更强，编制更精干，对火控系统的依赖程度更大。

（高尚瑞　曾　森）

gaoshepao huokong xitong

高射炮火控系统 (antiaircraft gun fire control system) 控制高射炮瞄准与发射的自动化系统。用于收集分析各类情报、搜索和跟踪目标、测定目标运动参数、采集和修正非标准射击条件、计算射击诸元、指挥和控制高射炮发射。是高射炮武器系统的重要组成部分。

分类　按配备的探测跟踪装置，分为光学火控系统、雷达火控系统、光电火控系统和复合火控系统。按解算提前量原理，分为测速瞄准具式火控系统和全解（指挥仪）式火控系统。测速瞄准具式火控系统的火控计算机不需要经过坐标转换和分速平滑等基本计算环节，采用独立瞄准线原理，直接根据雷达或激光测距机测得的目标距离及光学瞄准镜测得的目标角速度求取射击提前角。全解式火控系统的火控计算机，将雷达、激光测距机和光学瞄准镜提供的距离、方位角和高低角进行坐标转换，分速度平滑，求出射击提前角。瞄准线直接由测手控制，不受火炮影响，能快速搜索和精确跟踪目标。

组成与功能　现代高射炮火控系统多属复合式火控系统，主要由探测跟踪装置、火控计算机和指挥控制系统等组成。自行式高射炮火控系统还包括瞄准线稳定装置和高射炮稳定装置。

①探测跟踪装置。用来搜索、识别、瞄准和跟踪目标，测定目标的现在位置，并传给火控计算机，作为计算射击诸元的原始数据。由探测器和瞄准跟踪伺服装置两部分组成。光学火控系统的探测跟踪装置的探测器由光学瞄准镜、光学（体视）测距机等组成，具有测角精度高、不受电子干扰的特点，但测距精度较低，且与测程有关，不能全天候工作。雷达火控系统的探测跟踪装置主体是炮瞄雷达，有的还配有搜索雷达。搜索雷达发现目标距离远，目标捕获率高，并能处理和向其他设备提供一个或多个目标信息，使火控系统实现多目标跟踪。炮瞄雷达能自动跟踪、测定目标坐标，测距精度高，能全天候工作，但易受电子干扰和反辐射导弹的攻击。光电火控系统的探测器主要由电视跟踪仪、红外成像仪（或微光夜视仪）、激光测距机等多个探测跟踪装置组成。电视跟踪仪能显示目标图像、测定目标的角坐标，可人工或自动跟踪。低照度电视跟踪装置还可在微弱光照下摄取目标图像，可昼夜观测，但距离较近。红外成像仪能将目标的红外线转换成人眼可看见的图像，能测定目标的角坐标，雨雪天和烟雾下仍能正常观测目标图像，是一种较好的夜视探测装置。激光测距机测距精度高（精度与测程无关），操作简单，不受电子干扰，但受大气散射的影响，工作距离受到限制，阴雨天或烟尘弥漫时测距困难。由电视跟踪仪、红外成像仪和激光测距机组合构成的稳线式瞄准镜能在复杂电磁环境下全天候探测、跟踪目标。较好的高射炮火控系统一般都配有两种以上的探测跟踪装置。以先进体制的炮瞄雷达为主体，辅以电视跟踪仪、红外成像仪和激光测距机的复合探测跟踪装置，是20世纪末性能最佳的探测跟踪装置。

②火控计算机。高射炮火控系统的核心。用于收集分析各类情报、接收探测跟踪装置测得的目标坐标信息，按选定的多种目标运动假定、所用弹种的弹道函数和接收各种传感器采集的修正量，计算出射击诸元，自动传给高射炮随动装置，并对火控系统各组成部分实施自检、管理和控制。火控计算机先后出现过模拟型、数字型和模拟数字混合型3种。

③指挥控制系统。指挥员和炮手、测手对整个火控系统进行人机联系的系统。可对高射炮或瞄准镜进行操纵控制和选定不同工作方式，如火力分配、威胁判断、自动或半自动、战斗、战检、测试和模拟训练等。

④高射炮稳定系统。能自动保持自行式高射炮的炮身轴线，使瞄准不受车体震动的影响。按系统结构可分为双向稳定系统和瞄准线独立稳定系统。双向稳定系统，其瞄准线的稳定精度与高射炮的稳定精度相同，行进间无法实现精确跟踪与瞄准。瞄准线独立稳定系统具有独立的瞄准线稳定装置，高射炮随动于稳定的瞄准线，可实现高射炮行进间精确射击。

工作过程　探测跟踪装置搜索、发现并跟踪目标，将所测得的目标坐标和运动参数不断地输入到火控计算机。火控计算机根据目标的各种信息及各传感器所提供的信息进行弹道方程、解命中方程和修正量的计算，算出射击诸元，然

后传给高射炮随动装置，控制高射炮瞄准射击。与此同时，以高射炮轴线为基准，按射角和方向提前角的负值对瞄准线进行稳定，并将射击诸元及系统的工作状态等信息传输到显示器，供指挥员使用。

简史　第一次世界大战期间，为解决高射炮对空中目标射击的自动瞄准、跟踪和计算射击诸元等问题，高射炮装备了光学测距机和简易观测计算仪。20世纪30年代，出现机械模拟式高射炮射击指挥仪，构成高射炮火控系统的雏形。40年代，美国研制成自动跟踪的微波炮瞄雷达，与高射炮射击指挥仪配合，提高了命中率。50年代，机电模拟计算机的火控系统进一步发展完善。60年代，小型数字计算机开始用于高射炮火控系统。70年代，高射炮火控系统配有搜索和跟踪雷达，激光测距机和光学观测跟踪装置，红外和电视跟踪装置，使搜索能力和跟踪精度大为提高。现代火控计算机能快速准确地计算射击诸元，进行威胁判断和火力分配，优选开火时机，控制雷达记忆跟踪、大闭环校射以及故障自检等。自行式高射炮火控系统通常配有瞄准线稳定装置、武器姿态测定和高射炮射线稳定装置，能在行进间对空中目标进行搜索、跟踪和射击。在地空导弹、高射炮混合编成的防空分队出现之后，出现了既可控制高射炮，又能控制地空导弹的弹、炮合一的火控系统。高射炮火控系统将扩大其战术指挥方面的功能，逐步向通用化、智能化和多功能方向发展。

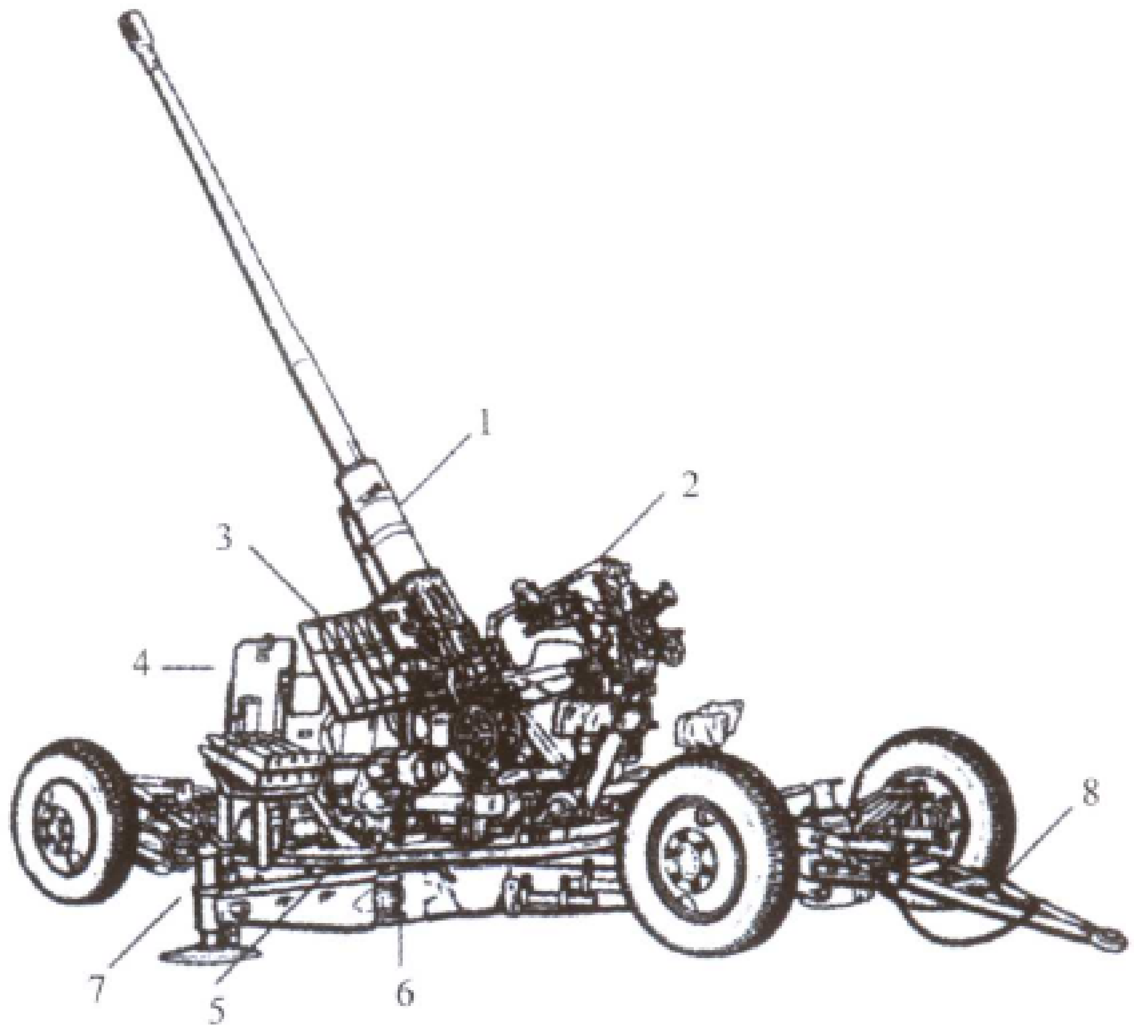
（于增昆）

gaoshepao

高射炮　(antiaircraft gun)　从地面对空中目标射击的火炮。必要时也可射击地面或水面目标。简称高炮。高射炮武器系统的重要组成部分。具有炮身长、初速大、射速快和射击精度高等特点。

分类　按运行方式分为牵引式高射炮和自行式高射炮。按口径分为小口径高射炮、中口径高射炮和大口径高射炮。小口径高射炮口径小于60毫米；中口径高射炮口径为60～100毫米；大口径高射炮口径大于100毫米。

构造和原理　高射炮通常由发射机构（小口径高射炮亦称自动机）、瞄准机构、稳定运行机构和随动装置等组成



1.炮身　2.瞄准具　3.压弹机　4.防盾
5.炮盘　6.十字梁　7.杠起螺杆　8.牵引杆

图1　高射炮结构图

(图1)。①发射机构。利用炮膛内火药燃气压力和炮上其他动力实现连续发射的各种装置的组合。由炮身、炮栓、供弹及输弹装置、反后坐装置、发射和保险装置等组成，依靠炮箱（或摇架）组成一个整体，安装在炮架上。小口径高射炮常用的自动机有炮身后坐式、导气式、转膛式、转管式和链式等。炮身后坐式自动机利用火药气体的能量使炮身后坐、复进来完成发射动作，其炮身后坐长度通常小于炮弹长，以提高发射速度。导气式自动机利用从炮膛导出的火药气体的能量完成发射动作。上述两种自动机通常与浮动原理相结合，使发射动作平稳可靠，以提高射击精度。转膛式自动机利用导气或后坐的能量使多个弹膛（药室）旋转来完成发射动作。其炮身由两段组成，前段为1～2个身管，后段通常有3～8个弹膛。每发射一次，弹膛准确转动一个位置，使击发、退壳、进弹等动作同步进行，以提高射速。转管式自动机利用自身能源或外部能源（如液压马达）驱动多个身管(一般为3～7个)旋转来完成发射动作。身管在旋转过程中依次完成进弹、推弹、闭锁、击发、开锁、抽壳、抛壳等动作，多身管轮流发射。现代近程反导高射炮多采用这种自动机以提高射速。链式自动机通常利用外部能源通过双排闭合的滚柱链条驱动一滑块沿轨道运动来完成发射动作。具有构件少、动作平稳、寿命长、后坐力小、射击精度高等优点。大、中口径高射炮有的装有半自动炮栓和装填机构，可自动开栓、退壳；有的装有全自动炮栓和装填机构，可连续自动装填和发射炮弹；有的装有引信测合机，自动装定时间引信值。②瞄准机构。通过电动或手动方式驱动火炮方位、俯仰瞄准跟踪目标的装置。由方向机、高低机、平衡机及瞄准具等组成。高射炮可在360°方位、-10°～90°高低范围内平稳转动。③稳定运行机构。承载高射炮各机构和发射的平台，也是运行的载车。简称炮车。牵引式高射炮由牵引车牵引炮车运行。自行式高射炮由自身动力驱动运行(图2)。



图2　中国PGZ88式37毫米双管自行式高射炮

④随动装置。驱动高射炮不断向目标提前位置瞄准的自动控制装置。由方位角随动装置和射角随动装置组成。

高射炮的构造不同，瞄准方式也不相同，一般有自动瞄准、半自动瞄准、对针瞄准和直接瞄准4种方式。自动瞄准时，射击诸元由配用的火控计算机确定，随动装置使高射炮自动瞄向目标的未来点坐标；半自动瞄准时，射击诸元由高射炮瞄准具确定，炮手操作随动装置的半自动瞄准仪使高射炮瞄准；对针瞄准时，射击诸元由火控计算机确定，炮手操作高低机和方向机将指针对准射击诸元指示器给出的位置实施瞄准；直接瞄准时，射击诸元由高射炮瞄准具确定，炮手操作高低机和方向机实施瞄准。

简史　高射炮随着空中目标的出现而诞生，随着空袭兵器的发展而发展。1870年，普鲁士军队的37毫米“防气球炮”是世界上第一门射击空中目标的火炮。第一次世界大战和第二次世界大战中，高射炮作为主要的地面防空武器，得到迅猛发展。从结构简单的马拉炮发展为结构复杂、配有火控系统的汽车牵引和自行式大、中、小口径高射炮。初速由760米／秒左右提高到1 000米／秒，射速由150发／分左右提高到700发／分左右，射击精度和效能提高了数倍，并能构成高、中、低空火力网。二战后，各国研制的新一代高射炮的初速和射速进一步提高。20世纪60年代，地空导弹的出现使高射炮的发展受到影响。70年代，为对付低空、超低空突防的飞机，高射炮又得以发展，各国重点发展口径在20～40毫米之间的小口径高射速高射炮。

80年代以来，随着空中目标的变化和地空导弹性能的提高，现代高射炮多以小口径高射炮为主。在性能指标上，以提高射速和精度为主，强调二者的合理匹配。有的采用多管联装和新的自动机原理，使射速最高达10 000发／分；有的应用浮动原理、初速实时修正、炮床自动调平等技术提高射击精度；新的大容量贮弹、供弹机构能满足高射速和抗击不同目标变换弹种的需求；应用铝合金、钛合金材料和其他复合材料使火炮的强度更高、重量更轻，机动性能提高；以计算机为核心的自动瞄准具的应用，使高射炮独立作战能力显著提高；数字随动装置的应用，使高射炮的自动化水平、瞄准速度得以提高，与火控系统的匹配更为合理；多种先进弹药的使用，使高射炮的威力更大；新的保障系统的发展，使高射炮的模拟训练、智能化维修更为先进；自行高射炮和弹炮结合武器系统的发展更加迅速。

发展趋势　高射炮将向抗击多种空中目标的方向发展。进一步提高初速及射速与精度的合理匹配和自动化程度，以适应对付高速运动的导弹和高机动的直升机、无人机的需要；进一步提高火力、运动机动性能和隐身能力，以提高抗饱和攻击的能力及生存能力；研发新概念、新能源的高射炮。

（陈志武　黄振全）

qianyinshi gaoshepao
牵引式高射炮　(towed antiaircraft gun)　靠牵引车牵引运行的高射炮(见图)。由火炮、运行机构和牵引装置组成。火炮由发射机构、瞄准机构、随动装置等组成。运行机构包括缓冲器、制动器和车轮，车轮一般采用实心海绵或子午线胎。牵引装置包括牵引杆和保证牵引运行平稳的平衡轴等。其结构相对简单，易于操作，射击精度较高，造价低，弹药和维修保障方便；但越野性能较差，行军战斗转换较慢，不适于对越野机动性能要求很高的防空作战环境。早期的高射炮几乎都采用牵引运行方式。随着先进牵引技术如自动脱挂、炮床自动规正水平等技术的应用，高射炮的机动性能和行军战斗转换性能得到很大提高。现代高射炮特别是大、中口径高射炮，仍采用牵引运行方式。随着自动化水平的提高，出现的无人操控的高射炮大多采用由牵引车自动装卸的装载运行方式，形成了机动性能更好的牵引高射炮。牵引式高射炮将向无人操控的遥控高射炮方向发展，并将进一步提高机动作战、分散配置和伪装防护能力。

（高尚瑞　曾　森）



中国87式25毫米双管牵引式高射炮

zixingshi gaoshepao
自行式高射炮　(self-propelled antiaircraft gun)　见高射炮。

gaoshepao miaozhunju
高射炮瞄准具　(antiaircraft gunsight)　用于单门高射炮瞄准跟踪和计算提前量的装置。根据目标现在位置坐标和运动参数，自动求取炮身在发射瞬间所需要的提前方位角和高角，并与瞄准机配合将提前方位角和高角赋予炮身。

组成　由瞄准跟踪装置、解算装置和诸元传递（显示）装置等组成。瞄准跟踪装置用于与高射炮瞄准机配合，直接瞄准跟踪目标。主要有机械、光学和光电瞄准跟踪设备及其组合。解算装置根据瞄准跟踪装置提供的目标现在点坐标和装(测)定的目标速度、航路、距离和环境修正条件，解算出命中目标所需的提前方位角和高角。有三点一线式解算、机械模拟解算和计算机解算等设备。诸元传递（显示）装置用于将解算的诸元传递或显示给瞄准跟踪装置，通过炮手操作使炮身处于正确的发射位置。

分类　按物理特征分为机械、光学、光电和混合式瞄准具。按结构原理分为环形、向量和测速瞄准具。①环形瞄准具。有机械和光学两种。机械环形瞄准具由几个直径不等的同心圆环所构成的速度环和照门组成，速度环上有瞄准孔，依据照门、瞄准孔和飞行目标三点成一线的原理瞄准射击；光学环形瞄准具由物镜、目镜和分划镜组成，分划镜上刻有速度环。②向量瞄准具。由航路装置、距离装置、平行瞄准装置和

光学瞄准镜等组成。利用相似三角形原理，将高射炮发射位置、目标现在位置、目标提前位置和抬高点所构成的提前三角形及弹道三角形，按比例缩小到瞄准具上，通过瞄准具上的向量机构解算出弹丸与目标相遇的位置。③测速瞄准具。由测速装置、计算装置和光学瞄准镜组成。有机械、电气和陀螺仪式3种。测速装置测出瞄准线转动的角速度。计算装置根据这一角速度和装定的目标距离计算出高射炮发射时的提前方位角和高角。上述几种瞄准具都是根据目标在空中任意平面上作等速直线运动的假定而设计的。

简史　早期小口径高射炮上只有简易的三点一线式瞄准具。20世纪30年代，出现了白昼晴空概略解算的光学环形瞄准具。40年代后，机械模拟向量瞄准具和机械测速瞄准具先后问世，使解算精度有所提高，但仍属晴天候昼间型，操作也较复杂。70年代以来，随着计算机和先进探测技术的提高，陀螺电子测速瞄准具的解算速度和精度又有提高。现代先进瞄准具是一个集光学、光电跟踪瞄准设备、激光测距机和计算机于一体的瞄准具系统，大大提高了高射炮昼、夜间独立作战的能力。主要由目标指示镜、红外成像仪、电视跟踪仪、激光测距机、计算机和操作手控制器等组成。目标指示镜在设计上成功地运用人机工程学有关的技术，缩短了炮手搜索目标的时间，有利于从目标搜索状态转入目标跟踪状态；红外成像仪和电视跟踪仪在目标指示镜指示下快速搜索跟踪目标，具有昼夜间作战能力；计算机可精确计算出射击诸元，对连续测出的弹丸炮口初速以及气温、气压、风向、风速等多种参数迅速做出处理，便于修正射击。计算机根据目标的变化，迅速计算出目标射击诸元，并在命中概率最高的瞬间向炮手发出音响信号，炮手视情选择跟踪方式、触发激光测距机、打开击发保险实施开火。

高射炮瞄准具计算射击诸元的精度比火控计算机低，在配有雷达、光电火控系统的高射炮武器系统中，瞄准具一般只作为辅助的火控装置使用。但由于具备独立作战能力、反应时间短、抗饱和攻击及抗电子干扰能力强，在现代高射炮系统中仍是不可缺少的装置。随着武器的发展，激光测距、红外观测、微光夜视、电视跟踪等各种传感器和电子技术的提高，瞄准具的结构原理将不断发展，功能将日臻完善，并向单炮火控系统方向发展。　　(陈志武　黄振全)

gaoshepao suidong zhuangzhi

高射炮随动装置　(antiaircraft gun servo system)　驱动高射炮瞄准跟踪目标提前位置的自动控制装置。用于实现高射炮与射击诸元计算装置的同步联动。按照计算装置计算的提前方位角和射角，控制高射炮瞄准跟踪。包括方位角随动装置和射角随动装置。高射炮方位角、射角随动装置通常分为模拟随动装置和数字随动装置。

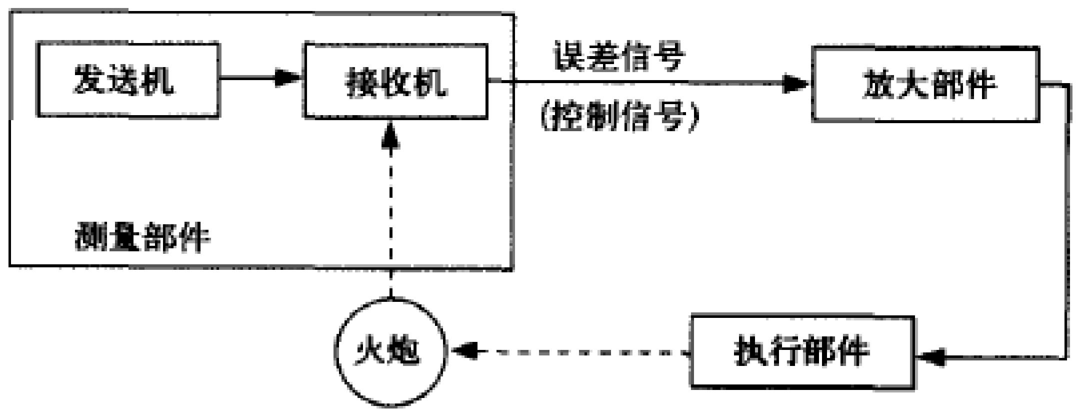


图 1　高射炮模拟随动装置原理示意图

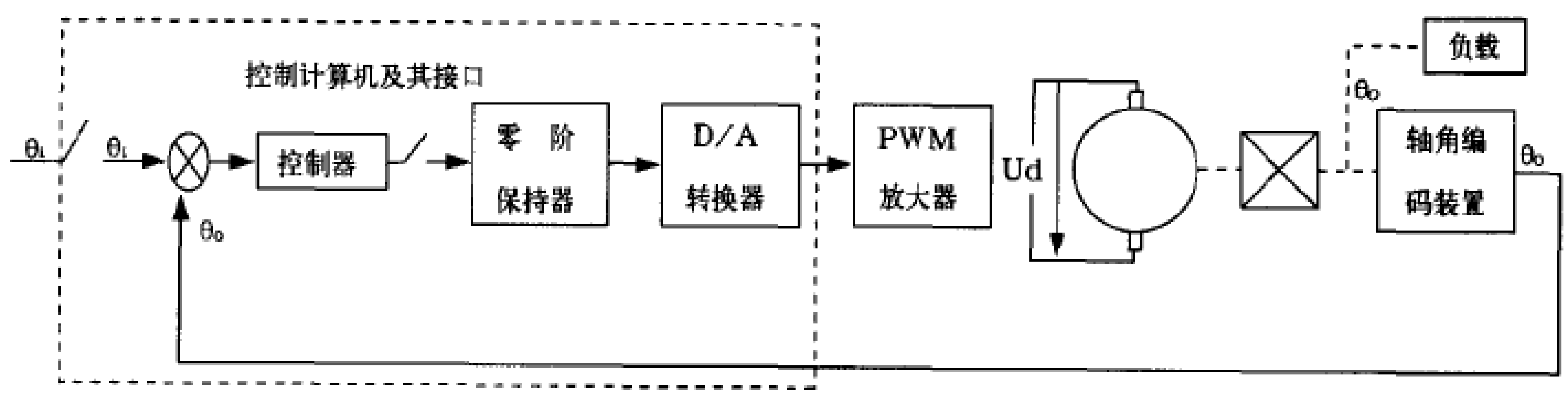


图 2　高射炮数字随动装置原理示意图

模拟随动装置有电气随动装置和电气／液压随动装置两种。模拟随动装置的方位角随动装置和射角随动装置通常由测量部件、放大部件、执行部件和辅助装置等组成(图1)。实施自动跟踪时，高射炮随动装置接收火控计算装置（指挥仪）传来的火炮提前方位角和射角信号，经功率放大后，控制火炮实时指向目标提前位置。

采用计算机作控制器的数字随动装置为现代高射炮广泛采用。数字随动装置的方位角随动装置和射角随动装置通常由控制计算机及其接口、功率放大器、执行部件和轴角编码装置组成。在自动跟踪时，分周期地进行控制。在每个周期内，控制计算机对输入信号 θ_i 和轴角编码装置的输出信号（即反馈信号）θ_o 做n次采样，按给定的控制算法，计算出本采样周期的控制量；经D/A转换后成为模拟信号，再经功率放大器放大后驱动执行部件，控制火炮不断向空中目标提前位置瞄准(图2)。数字随动装置采用计算机作为控制器，可以方便地改变系统的控制算法，使系统的综合校正工作易于实现，能极好地调整系统的品质。与模拟随动装置相比，数字随动装置运算精度高、稳定性好、重量轻、体积小、结构紧凑，解决了传统模拟随动装置的电器惯性和机械惯性带来的不良影响。随着控制理论和计算机技术及元器件的迅速发展，数字随动装置将成为未来武器装备伺服系统的主流。

(陈志武　王　敬)

gaoshepao yinxin ceheji

高射炮引信测合机　(antiaircraft gun fuze setter)　用于将高射炮弹丸飞行时间值装定在时间引信上的装置。准确装定时间引信值能适时起爆弹丸以毁伤目标。主要由动力传动装置、执行装置和引信装定装置组成。动力传动装置将动力传给执行装置和引信装定装置；执行装置将引信测合装置的测合机头推出，使测合机头与弹丸上的机械时间引信相接；引信装定装置将高射炮射击指挥仪经引信受信仪传来的弹丸飞行时间

值装定在时间引信上，自动完成测合引信的动作。早期大、中口径高射炮使用测合扳手人工装定时间引信值。引信测合机从20世纪30年代诞生以来，经历了由半自动到全自动的发展过程。随着近炸引信的广泛应用，高射炮引信测合机将逐步淘汰。

（陈志武）

gaoshepao danyao

高射炮弹药 (antiaircraft gun ammunition)　高射炮配用的各种炮弹的统称。高射炮火力系统的重要组成部分。主要用于直接毁伤空中目标，必要时也可用于毁伤地面、水面目标和完成其他任务。

结构　炮弹由弹丸和装有发射药及底火的药筒组成(图1)。弹丸是弹体与引信及用于显示弹迹的曳光管的结合体(有的弹丸不配引信或曳光管)。为提高射速和方便使用，高射炮弹都采用弹丸与药筒一体的定装式结构。

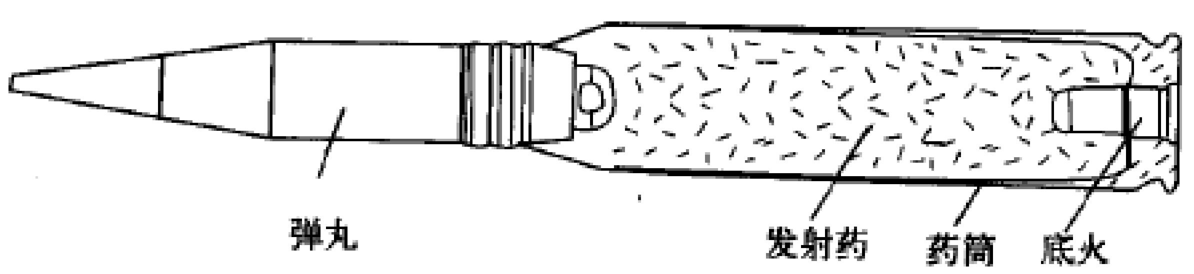


图1　全弹结构示意图

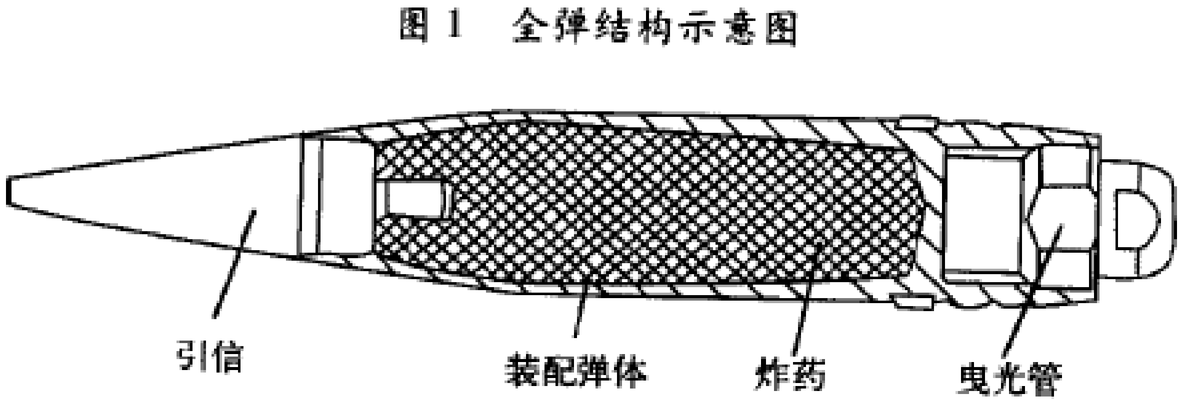


图2　弹丸结构示意图

弹丸(图2)具有良好的气动外形(常以弹形系数的大小表示弹丸所受到的飞行阻力的大小)和足够的强度，以保证发射时的安全和正确的飞行方向。以自身的动能和炸药爆炸时产生的破片、子弹及冲击波毁伤目标。弹丸的弹体一般是用特殊钢或铸铁制作的空心壳体(有些特种弹体为塑料或有机材料壳体)，通常在弹丸头部装有引信，有的在弹丸底部装有曳光管或弹底式引信，壳体内装炸药或炸药与若干子弹，或特种化学剂（增雨、驱雹、烟雾剂等)。各种炮弹按不同的性能需求装填不同的炸药，主要有梯恩梯、梯铝、黑索今、黑铝等，也有些弹丸的弹体是实心的，如小口径穿甲弹等。

药筒一般为金属材质，也有的药筒可在膛内被烧掉（可燃药筒)。药筒与弹丸经辊压牢固结合，以保证有足够大的拔弹力。药筒底部安装有底火，内装有感度和点火能力很强的击发药和传火药，以保证击针撞击时安全瞬发点燃药筒内的发射药。药筒内装有一定重量和规格的发射药、点火药和一些辅助装药等。发射药在膛内燃烧时产生一定的膛压，推动弹丸沿膛线旋转并获得直线加速度，以一定的旋速和初速飞出炮口。发射药一般采用硝化棉单基火药或硝化甘油双基火药或硝基胍三基火药等。发射药是弹丸运动能量的来源，不同的炮弹其发射药的种类、形状、尺寸和重量等都不同，以保证发射药具有符合要求的弹道性能。辅助装药包括能减小烧蚀的护膛剂、利于除去炮膛挂铜(铜弹带与膛线摩擦的残渣)的除铜剂和固定发射药、密封火药气体防止其过早外泄的紧塞具等。

分类　①按功能，分为战斗弹、训练弹和特种弹。战斗弹主要有高射榴弹、穿甲弹、穿甲爆破弹、穿甲燃烧弹、穿甲爆破燃烧弹。训练弹有供炮手装填操作用的教练弹，有供射击训练用的演习弹等。教练弹是全部去除火药、炸药及底火并配重的炮弹。演习弹的弹道、射弹散布效果和飞行时间与实弹相同，药筒及装药与实弹相同，但弹丸内不装炸药并配假引信，一般都装有曳光管以显示弹迹。特种弹是用于完成特种任务的炮弹，如增雨、驱雹、烟幕弹及诱饵弹、干扰弹等。②按口径，分为大、中、小口径高射炮弹。即分别配用于大、中、小口径高射炮的炮弹。③按结构特点，分为近炸引信预制破片弹、脱壳穿甲弹、薄壁弹、埋头弹等。薄壁弹是采用特殊钢材冲压而成的薄壁弹体炮弹，既可多装炸药又能承受膛内高温高压高速的冲击。埋头弹是将弹丸埋装在药筒内的炮弹，使炮弹总长减小，可使炮栓开栓行程短，有利于提高射速，运输贮存方便。

各种炮弹和弹箱上都有明显的标志，用数字、代号、文字等表示具体弹药和元件的种类、名称、构造、性能和生产批次、年份、工厂等，以警示正确的使用和保管。

科学技术的进步，特别是微电子、新材料、新工艺及高性能火药、炸药技术的发展，使高射炮弹药性能得到飞速发展。可编程电子时间静默近炸引信、弹体内预装成百上千颗子弹和高爆炸药的弹丸、能使弹丸获得近1 800米/秒初速的发射药及发射技术已经问世。随着能自主修正弹道的炮弹和炮射导弹技术的日趋成熟，高射炮弹药将发展到新的水平。

（高尚瑞　郑全贵）

gaoshe liudan

高射榴弹 (antiaircraft high explosive projectile)　利用弹丸爆炸产生的破片和爆炸装药的动能及冲击波达到毁伤作用的高射炮弹。分为杀伤榴弹、爆破榴弹、杀伤爆破榴弹和预制破片榴弹等。榴弹弹丸上装有曳光管的，称曳光杀伤(或爆破）榴弹；榴弹弹体装药具有燃烧作用的，称爆破燃烧弹(图1、图2)。

杀伤榴弹、爆破榴弹与杀伤爆破榴弹的根本区别在于弹体内装的炸药量不同。杀伤榴弹弹体壁较厚(一般由钢或铸铁制造)，与同口径的爆破榴弹相比装药

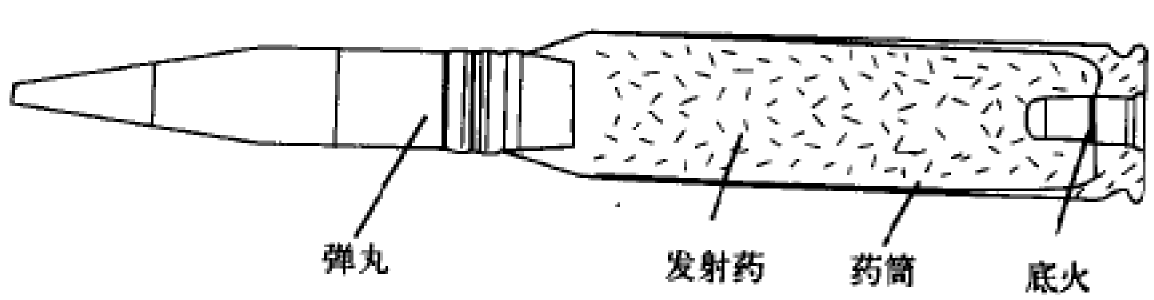


图1　PG99式35毫米高射炮爆破燃烧弹全弹结构示意图

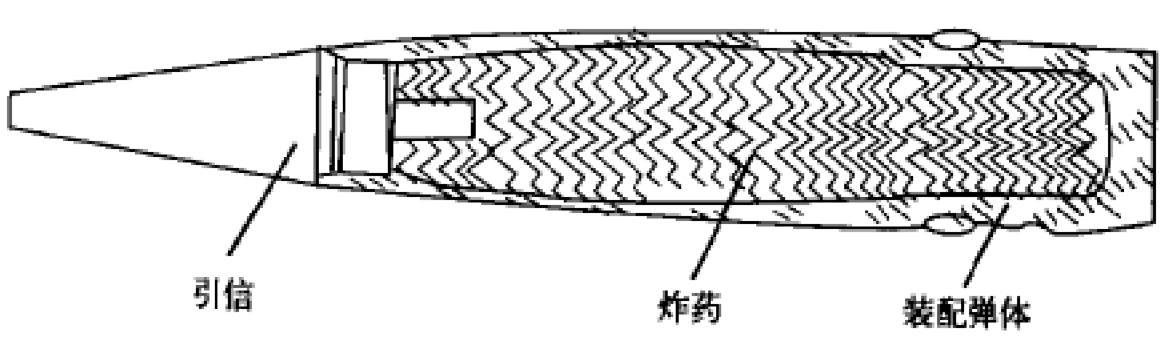


图2　PG99式35毫米高射炮爆破燃烧弹弹丸结构示意图

量较少，爆炸后能产生尺寸和重量较大、效能较高的破片，以有效毁伤目标，但冲击波效应较低。爆破榴弹的弹体壁较薄(一般为钢质材料)，装炸药量较多，强烈爆炸可使弹体产生大量尺寸较小、重量较轻、但附加速度较高的小破片，也可达到毁伤目标所需的比动能(目标单位面积上所受到的动能能量冲击)要求，而且具有较强的冲击波效应。杀伤爆破榴弹兼有杀伤榴弹和爆破榴弹两种功能，弹体壁厚，炸药装量适中，主要用于杀伤地面、水面的有生力量，破坏轻型掩体、工事和武器装备等。这3种榴弹一般都配用弹头触发或时间引信，都能以各自的优势来毁伤目标。

预制破片榴弹在弹体上预制裂槽或预装有钢(钨)球(柱)等，爆炸时能使破片均匀有效或使成百上千的钢球成一定锥角射向目标，以提高毁伤概率。

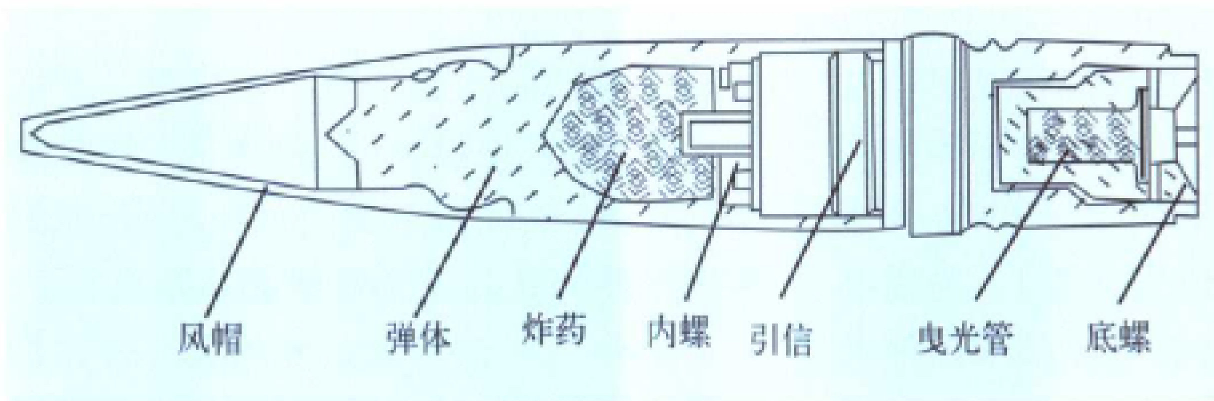
（高尚瑞　郑全贵）

gaoshe chuanjiadan

高射穿甲弹 (antiaircraft armor piercing projectile)　以弹丸的强度和动能穿透目标的防护装甲，毁伤目标的高射炮弹。主要用于毁伤有装甲防护的空中目标，也可用于摧毁地面、水面装甲目标或坚固工程设施。有些穿甲弹的弹体内装有高爆炸药，待穿透目标装甲后适时起爆，杀伤目标内部的乘员、仪器设备和引燃燃料。

高射炮配用的穿甲弹主要有：①曳光被帽穿甲弹。主要配用在口径较大的高射炮上。弹丸最前部的尖头是薄壁的风帽，用以减小空气阻力。其后是用韧性较好的金属材料制作并焊在弹体前部的被帽，用于弹着时使坚硬弹体得到缓冲，不易破碎和跳飞，并初步破坏目标装甲将其撞凹。随后，壁厚而坚硬的弹体侵彻目标，并在有自动调节功能的弹底延期引信作用下引爆炸药(一般为黑铝炸药)，杀伤目标内部的乘员、仪器设备，并具有很强的燃烧作用。其穿甲厚度在直射距离内相当于1～2倍弹径。②脱壳穿甲弹。是一种次口径炮弹，一般配用在小口径高射炮上。为典型的动能弹，利用弹丸(芯)的动能达到毁伤目标的目的。按弹芯飞行稳定的方式不同，分为旋转脱壳穿甲弹和不旋转脱壳穿甲弹(杆式弹)。其弹丸结构由弹芯(或长杆箭)、弹芯运载体(弹托、弹底等)、塑料保护罩和曳光管等组成。一般不配引信。发射时，弹芯运载体承担密闭火药气体，给弹芯提供推力和定位作用，保护罩保护弹芯并起防水作用。发射后，运载体和保护罩在出炮口后即飞散落地，运载体为一整体的则整体脱壳，弹芯承接了保持弹芯飞行稳定的旋速和高初速飞向目标。不旋转脱壳的杆式穿甲弹芯只承接直接初速，靠自身的尾翼保持飞行稳定。曳光管可显示弹迹。脱壳穿甲弹的初速高，弹芯高密坚硬，具有很高的能量密度，装甲侵彻能力很强。③半穿甲弹。亦称穿甲爆破燃烧弹(见图)。一种集穿甲弹和榴弹性能于一体的炮弹。弹丸有一个经特殊处理的高硬度、有一定韧性的钝头弹体，具有一定的装甲侵彻能力，内装高爆炸药。一般装有较弹头机械引信灵敏度低的弹底机械引信和曳光管，通过弹丸侵彻装甲目标时的制动效应引爆炸药。半穿甲弹的装甲侵彻能力比动能弹低，但在目标内引爆的二次效应，弹片、冲击波及引燃效应等高于动能弹，非常适用于攻击飞机和步兵战车等中、轻型装甲目标。

（高尚瑞）

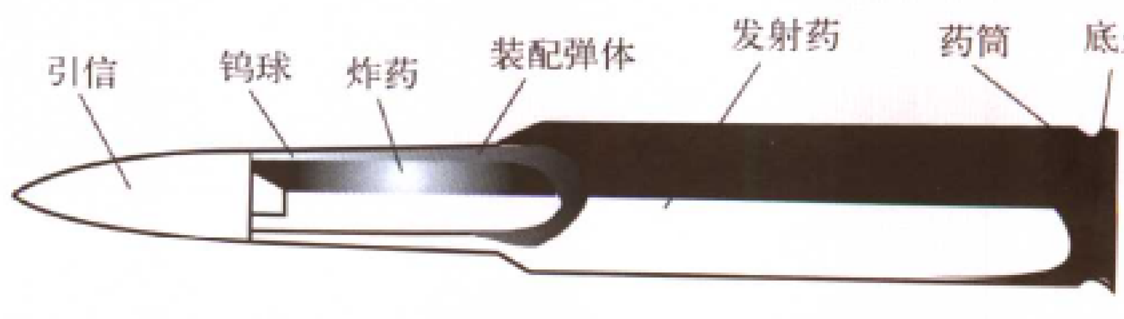


PG99式35毫米高射炮曳光穿甲爆破燃烧弹弹丸结构示意图

jinzha yinxin yuzhi popiandan

近炸引信预制破片弹 (proximity fuze precast fragment projectile)　弹体上有预制均匀破片的刻槽或弹体内预制很多子弹，依靠近炸引信在距目标较近的位置起爆的一种子母炮弹。由药筒、发射药、预制破片弹体、炸药和近炸引信等组成（见图）。当引信引爆弹体后，产生大量高速破片或钨球、钨柱等子弹，有的掺有具有燃烧作用的锆，给目标以密集攻击。命中概率为普通榴弹的数倍。配用的近炸引信除具有近炸功能外，还有碰炸和自炸功能。随着技术的进步，一种不受环境干扰的电子时间近炸引信和采用定向爆破原理定向控制子弹抛射方向的预制破片弹已经问世，使射速不高的高射炮也可具备反导功能。

（高尚瑞）



35毫米近炸引信预制破片弹全弹结构示意图

gaoshe mozhidao paodan

高射末制导炮弹 (antiaircraft terminal guidance projectile)　能在弹道末段实施制导的高射炮弹。与普通炮弹的区别在于弹丸上有制导和稳定控制装置，使高射炮的毁伤机理发生重大变化。按制导体制分为激光半主动寻的制导和红外、毫米波被动寻的制导等。发射后，前者由地面（或空中）的激光照射器照射目标，弹丸借助被照中目标反射的激光信号，通过稳定控制装置调整飞行姿态，将弹丸引向目标直至命中；后者由弹丸制导装置上的红外接收装置或毫米波辐射计自动捕捉目标辐射的红外或毫米波信号进行末制导，是一种“发射后不管”的制导炮弹。目前高射炮制导炮弹主要配用于大、中口径高射炮。随着微电子技术的发展，将出现毫米波主动寻的制导炮弹，弹径将进一步缩小。

（高尚瑞）

gaoshepaodan yinxin

高射炮弹引信 (fuze of antiaircraft projectile)　适时引爆高射炮弹丸的装置。通常由发火控制、安全控制、能源及起爆组件等组成。引信的准确起爆和高可靠性，是弹丸命中的精度、威力和安全性的重要保证。

高射炮弹引信按获取信息的方式，分为触发引信、时间引信、近炸引信和多选择引信等；按安装位置，分为弹头引信和弹底引信。先进的高射炮炮弹引信通常为多种高性能引信的综合体，并均有自炸装置。①触发引信。利用触

感获取目标信息控制起爆。又称着发引信、触感引信、碰炸引信。按作用原理分为机械触发引信、电触发引信等；按碰击目标到引信起爆弹丸的作用时间长短分为瞬发引信（小于1毫秒）、短延期或惯性触发引信（1～5毫秒）、延期触发引信（大于5毫秒）等。触发引信作用可靠，并可使弹丸对目标产生冲击波毁伤效应。②时间引信。按照装定的时间值控制炮弹起爆。分为机械（见图）、火药、化学、



机械钟表时间引信

电子和射流等时间引信。由高射炮火控系统依据目标和环境信息实时装定的电子时间引信是发展的重点。③近炸引信。靠自身敏感装置在距目标较近距离内感受目标的有关信息来控制弹丸起爆。近炸引信一般都有碰炸和自炸功能。按感受目标的物理场，分为无线电、光（可见光、红外、激光等）、声（次声、声频、超声等）、磁（磁感应、磁饱和、磁膜等）、电容感应和静电引信等。按作用方式，分为主动式、半主动式和被动式引信。由火控系统实时装定的电子时间引信也具有近炸功能，有时也称近炸引信。④多选择引信。具有多种工作方式的引信。亦称多用途引信。根据目标和环境的不同，选择其中一种工作方式。如瑞典40毫米高射炮的可编程引信，具有6种工作方式：距离选通、碰炸与自毁相结合、精确定时、碰炸延期与自毁相结合、穿甲和近炸等，其中前两种为自动工作方式。

（高尚瑞　郑全贵）

gaoshepao danyao jishu

高射炮弹药基数　(antiaircraft gun ammunition basic load)　统一规定的高射炮弹药配备、储备、消耗和补充数量的计算单位。以每门高射炮为单位来确定每个基数的弹药数量。根据作战、训练任务、弹药寿命和高射炮的技术、战术性能，部队的携行能力、贮存能力等因素，作出统一规定。

（高尚瑞　郑全贵）

paomiao leida

炮瞄雷达　(fire control radar)　用于发现和自动跟踪空中目标，连续测定目标坐标，以保障高射炮射击的雷达。亦称高射炮火控雷达(见图）。由发射系统、天线馈电线系统、天线控制系统、接收系统、测量系统、显示系统、数据处理和传输系统以及电源系统等部分组成。在目标指示雷达或搜索雷达的指示、引导下，截获并跟踪目标，为火控计算机求取射击诸元并控制火炮射击提供目标坐标信息。

炮瞄雷达的工作波段大多为厘米波，通常采用圆形抛物面天线，具有波束宽度窄、测量精度高、跟踪速度快、反应时间短、机动性能好等特点。角跟踪精度为0.5～2密位，距离精度为0.5～20米。

按配装的高射炮，分为大、中口径和小口径高射炮炮瞄雷达。大、中口径



中国新型炮瞄雷达

高射炮炮瞄雷达跟踪距离一般大于35千米，角跟踪速度通常小于40°/秒；小口径高射炮炮瞄雷达跟踪距离一般不大于25千米，角跟踪速度可达140°/秒。按角度跟踪方式，分为顺序波束转换、圆锥扫描（简称“锥扫”）、隐蔽圆锥扫描（简称“隐锥扫”，俗称“假单脉冲”）和单脉冲等体制雷达。单脉冲体制雷达是20世纪60年代迅速发展起来的一种精密跟踪雷达。原理上只需接收一个目标回波脉冲信号，就能获取目标的距离和全部角坐标信息，不受目标回波信号幅度起伏的影响，提高了角跟踪精度，抗干扰能力等性能指标也进一步提高，是目前火控雷达的基本工作体制。单脉冲又分为比幅、比相两大类。炮瞄雷达通常采用比幅单脉冲体制。

最早的炮瞄雷达是1938年美国研制的SCR−268雷达，为米波波段，阵列天线，顺序波束转换体制。1943年，美国研制成第一部圆锥扫描体制的微波（10厘米）炮瞄雷达SCR−584，后被苏联等国仿制、改进，沿用了数十年。60年代初，美军在越南战场上首次施放针对锥（线）扫体制火控雷达的角度欺骗回答式干扰，后又使用“百舌鸟”、“标准”等反雷达导弹，对炮瞄（制导）雷达造成严重威胁。为此，各国都大力发展单脉冲体制炮瞄雷达，并以隐蔽锥扫、变锥扫频率等抗干扰措施改进原锥扫体制炮瞄雷达。中国于60年代中期研制成双频段、隐锥扫、变波束的炮瞄雷达，提高了搜索目标、抗干扰、抗反雷达导弹的能力；70年代以来又先后研制成功多种单脉冲体制和多频段、全相参、脉冲压缩的炮瞄雷达，有的配有光电探测跟踪装置并和数字火控计算机融为一体，具有全天候、抗干扰、抗反雷达导弹和低空跟踪能力强等特点。

随着电子技术的发展，炮瞄雷达将进入毫米波波段，采用脉冲多普勒体制，并与多种光电探测跟踪装置和火控计算机相结合，以进一步提高对付低空、超低空、快速小目标的能力以及抗干扰、抗隐身和抗击反雷达导弹的能力，并成为反导高射炮配套的火控雷达。

（贺　飞）

gaoshepao sheji zhihuiyi

高射炮射击指挥仪　(antiaircraft gun fire director)　用于测定空中目标坐标，连续计算、传递射击诸元，控制高



中国59式100毫米高射炮射击指挥仪

射炮射击的仪器。简称指挥仪(见图)。按技术体制，分为机械模拟式、机电模拟式和数字式。

高射炮射击指挥仪通常由坐标测定器、解算仪(计算机)、诸元传送系统、仪车、电源及配电系统等组成。①坐标测定器。光学瞄准镜与体视测距机的统称。用来跟踪测定目标的方位角、高低角和斜距离。②解算仪。高射炮计算射击诸元的专用计算机。用以完成目标运动参数求取与滤波、气象条件偏差与射击条件偏差修正量计算，按照在射弹飞行时间内目标运动状态的假定，求取提前点坐标，计算射击诸元。③诸元传送系统。由发送机与接收机等组成，通过模拟或数字方式实时地将计算机计算的射击诸元、射击控制信号传送给高射炮。④仪车。行军时指挥仪的运载工具，战斗操作时的运转平台。⑤电源及配电系统。为指挥仪工作提供各种工作电源。

指挥仪获得空情通报后，在指定的方位或空域搜索、识别、瞄准、跟踪目标，并不断将测定的目标坐标值传送给解算仪。解算仪按照估值理论算法，利用目标位置参数历史值与现时实测值，计算目标的运动参数，根据预定的目标运动规律假定，结合阵地、弹道和气象条件以及平台移动参数变化等要素，连续计算出目标提前位置坐标和射击诸元。中口径以上具有时间引信的高射炮，还要计算控制射弹爆炸的引信分划值。

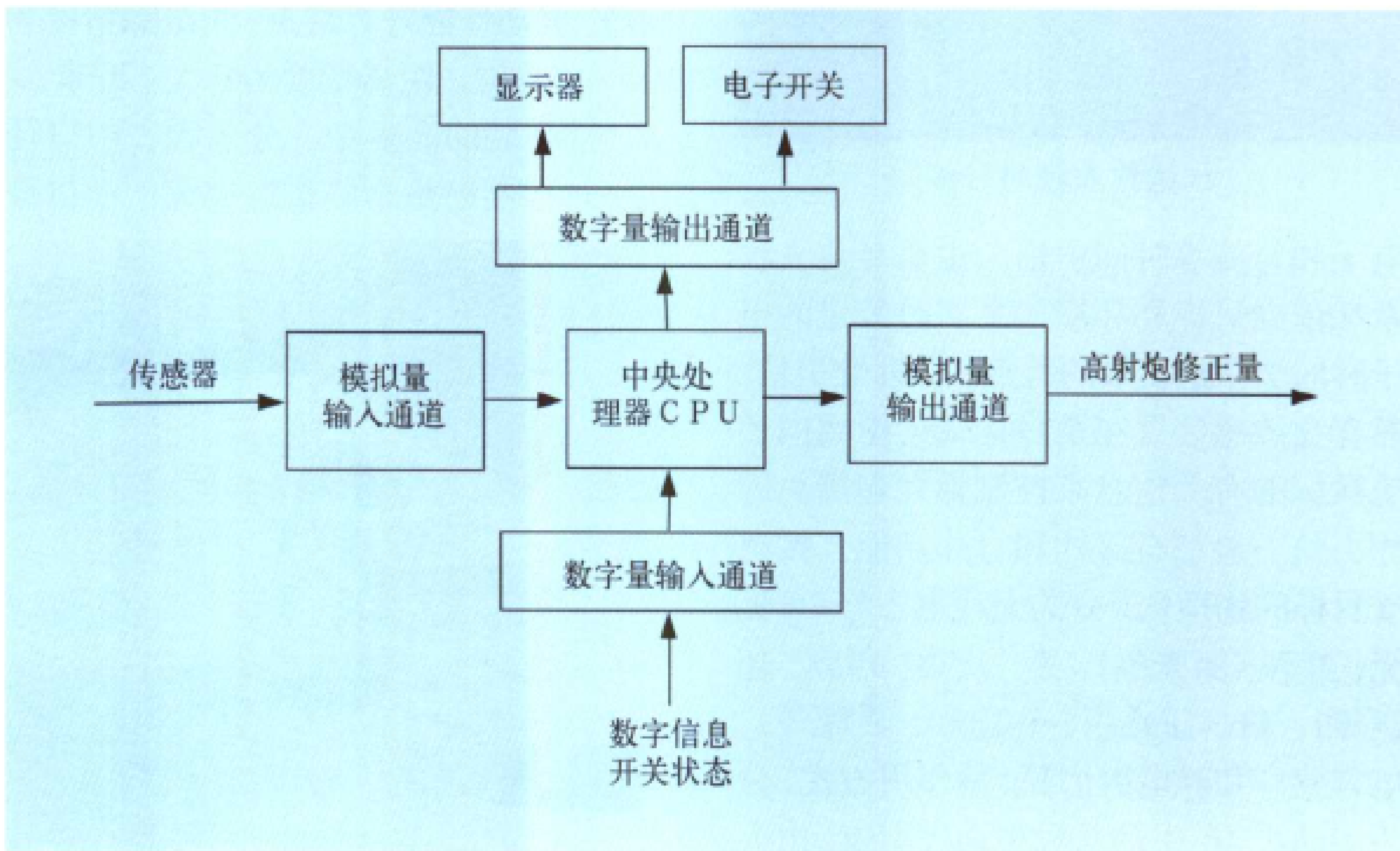
20世纪20年代，出现情报板图解法、向量运算等射击诸元计算器。射击诸元用口令或电话传给高射炮。30年代，先后出现机械模拟指挥仪和机电模拟指挥仪，能连续计算射击诸元，用同步传送装置传递给高射炮。随后，机电模拟指挥仪的计算、跟踪、平滑、同步传送部件，逐步被40～50年代出现的电气部件、电子管、同步传送接收系统以及60～70年代出现的晶体管、微型机电部件、集成电路、大规模集成电路所取代。同时，指挥仪的理论也随控制论的诞生与发展，由连续随机变量的平滑最佳系统理论向离散量的数字平滑理论发展。80年代后，指挥仪的发展已融入火控系统的发展中，解算仪已被火控计算机所取代。

(于增昆)

gaoshepao huokong jisuanji

高射炮火控计算机 (antiaircraft gun fire control computer) 高射炮火控系统中进行指挥控制、解算、检测和模拟训练的专用计算机。高射炮火控系统的核心。

工作原理：接收探测跟踪装置传送的目标现在点坐标信息，根据假定的目标运动规律，按照自动采集或计算机预先存贮的各种气象条件、弹道条件、系统载车运动参数、控制指令等信息以及相应的弹道方程或存储的射表求解命中点坐标，计算火炮射击诸元，并通过数据传输系统将射击诸元、控制指令自动传给高射炮，控制火炮进行射击(见图)。



高射炮数字式火控计算机原理示意图

火控计算机先后出现过模拟型、数字模拟混合型和数字型。20世纪70年代后期装备的火控系统，大都采用数字式计算机。其计算速度快、通用性好、重量轻、体积小，具有目标运动规律的多种假定、良好的环境适应性和高可靠性。现代火控计算机还具有连续解算多目标诸元，实时求解并装定电子引信，指挥决策，对自身和受控部件进行检测及故障定位，根据实测的脱靶量修正射击诸元，完成大闭环校射的信息处理，评估射击效果等功能。

未来火控计算机将具备指挥控制、火力控制、载车导航定位，以及在弹炮一体化武器系统中导弹制导等信息的综合处理等功能。广泛采用具有标准接口、规范通信协议的分布式计算机网络与并行处理技术，计算速度快，信息流程更合理；应用计算机多媒体技术，使人机界面更良好，信息显示更直观形象，输入与更新信息更简洁快速，指挥与操作更方便；采用系统与器件加固技术，具有较强的抗机械冲击、抗电磁干扰和粒子束辐射能力。

(于增昆)

gaoshepao zhihuijing

高射炮指挥镜 (antiaircraft gun tracking telescope) 用于对空搜索、识别、指示目标和测量目标方位角、高低角并观察射击效果的光学仪器。现代的指挥镜兼有跟踪目标、遥控指挥仪或炮瞄雷达



中国 61 式高射炮指挥镜

的功能。通常由双眼镜、单眼镜和测角机构组成(见图)，并配有三角架等附件。 双眼镜为侦察员用镜，用于观察和瞄准目标，通常放大倍率为8～16倍，视场为4.5°～7°,能发现较远目标。方位测角范围不受限制，高低角测角范围一般为－300密位～＋1 400密位，测角精度一般不大于5密位。单眼镜为指挥员用镜，用于检查侦察员瞄准精度和了解空中情况，放大倍率一般为8倍，视场一般为6°,使用时装在双眼镜体上。测角机构转动灵活，可跟踪快速运动目标。

20 世纪 20 年代出现曲管式对空双眼望远镜。40 年代进一步完善成为指挥镜。70 年代出现连续变倍率和带激光测距机、微光夜视仪并可确定目标航向的指挥镜，提高了对目标的搜索、识别和跟踪能力。 (于增昆)

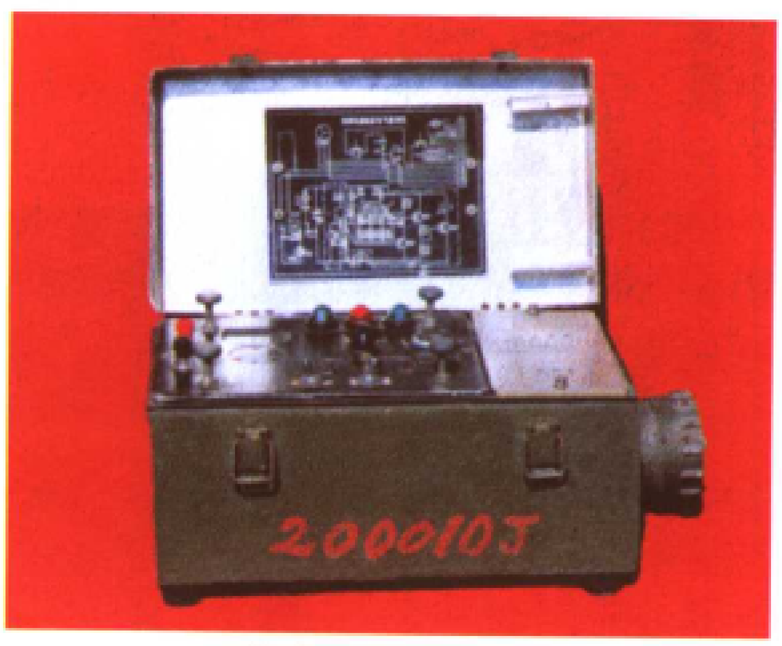
xiaokoujing gaoshepao hangluyi

小口径高射炮航路仪 (airway device of small caliber antiaircraft gun) 为小口径高射炮提供瞄准具装定诸元的仪器。一种单兵操作昼间工作仪器。用于搜索、跟踪空中目标，测定目标运动参数(目标速度、目标俯冲角)、目标航路参数（目标航向角)、目标斜距离等火炮瞄准具装定诸元。通常由可见光半自动跟踪系统、激光测距机、计算机、光学瞄准镜、发电机组和仪器拖车组成。目标进入光学瞄准视场后，测手对目标进行半自动精确跟踪，再启动激光测距机测距，自动将目标当时的点坐标输给计算机，实时计算出目标的运动参数、航路参数并装定距离，通过阵地通信系统将上述诸元传递给各门火炮，炮手装定上述诸元对空中目标射击。仪器拖车是航路仪的运行部分，战斗时将拖车调平，为航路仪提供一个水平平台。

(杨建文)

gaoshepaolian kongzhixiang

高射炮连控制箱 (antiaircraft artillery battery level control box) 高射炮兵连用于临空指挥控制射击的专用设备。简称连控箱(见图)。通常配备于牵引高射炮兵连，由连长掌握使用。用电缆经指挥仪与阵地中央配电箱连接，以手控或自动方式控制全连高射炮射击。采用自动方式时，可选用不同的发射间隔。显示指挥仪有无射击诸元及引信分划的数值，供连指挥员掌握开火时机；显示炮瞄雷达是否捕住目标并转入自动跟踪，供连指挥员选择指挥仪工作方式。还可以用电笛或电话向全连发出射击命令及其他操作指示，为连长掌握全连兵器状



高射炮连控制箱

况、实施指挥和控制发射时机、发射种类及发射间隔提供方便。

(于增昆)

gaoshepao cejuji

高射炮测距机 (antiaircraft gun range finder) 用于对空测量目标距离的光电仪器。分为光学测距机和激光测距机。①光学测距机。通常为双眼体视测距机(见图)。分为定标和游标测距两种。定标测距用表示距离的测标与目标在纵深上进行比较测出距离；游标测距通过透镜补偿器将目标推向无限远与表示无限远的立标在纵深上比较测出目标的距离。光学测距机的基线一般为1或3米，放大倍率为$10^{\times}$或$32^{\times}$，视角为6°或2°,测距范围为500～30 000米，有的还可同时测量目标的高低角，测距精度低于激光测距机和炮瞄雷达，且与测程有关。②激光测距机。测距原理与脉冲雷达相同。测距范围一般为150～20 000米，测距精度高，测距误差与测程无关，一般为5米，阴雨天或烟尘弥漫时



中国 58 式对空 1 米体视测距机

不能使用。 (于增昆)

gaoshepaobing duikong zhencha shebei

高射炮兵对空侦察设备 (antiaircraft artillery air reconnaissance equipment) 高射炮兵对空中目标实施侦察的各种设备的总称。包括近方雷达情报网、对空观察哨网和阵地观察网所用的各种侦察、观察设备。主要用于为高射炮兵提供空中近方情报和目标指示。分为雷达侦察设备、光学侦察设备和光电侦察设备。①雷达侦察设备。高射炮兵对空侦察的主要设备，包括目标指示雷达、搜索雷达和地监哨雷达。雷达侦察设备具有全天候的作战能力。②光学侦察设备。主要有光学指挥镜、潜望镜、望远镜、测距机、瞄准镜等。光学侦察设备只能在晴天昼间工作。③光电侦察设备。主要有电视跟踪仪、红外成像仪、

微光夜视仪、激光测距机等。光学、光电侦察设备的抗干扰、摧毁性能和测角精度优于雷达；激光测距机测距精度优于雷达，更优于光学测距设备。使用时有机结合，取长补短，达到最佳侦察效果。随着电视摄像、红外、激光、计算机等技术的发展，光电侦察设备将进一步提高图像分辨率和定位精度，增强夜视能力，提高侦察能力。此外，由声传感器、红外传感器和无源定位跟踪侦察设备组成的近程无源预警网对高射炮兵部队抗击低空、超低空的小型快速目标具有重要作用。

（刘新国 段元河）

hongwai chengxiangyi

红外成像仪 (infrared imager) 利用目标与背景温差以及物体各部分辐射红外能量的差异来探测、识别目标的成像装置。亦称热像仪。利用景物的热图像来搜索、跟踪目标。红外成像可将人眼的视觉范围扩展到中、远红外区，常用波长为1～2.7、3～5、8～14微米。具有隐蔽性好、不易受电子干扰、获取景物信息丰富、分辨率高、有一定的识别伪装能力等特点。在军事上得到广泛应用。

红外成像仪分为致冷和非致冷两类。第一代致冷红外成像仪由红外光学望远镜、光机扫描器、红外探测器及制冷器、信号处理器及视频监示器等组成(见图)。红外光学望远镜收集观察平面内目标和背景发出的红外辐射，经光机扫描器对目标进行逐点扫描，将像面的各点红外信息传递给红外探测器；红外探测器将红外信息转换成电信号，再经信号处理器处理后，由显示器显示目标和背景的可见光图像。第二代致冷红外成像仪无须采用光机扫描器，将红外光学望远镜获得的目标和背景红外图像直接照射至位于光学焦平面上的n×m元面阵列红外探测器上，再将n×m个探测元得到的电信号送到焦平面上的信号处理器中进行处理，最终形成可见光图像。非致冷红外成像仪采用热释电探测器，能在一般环境温度下工作，减轻了系统的重量与功耗，但热灵敏度低，响应速度较慢，探测距离较近。

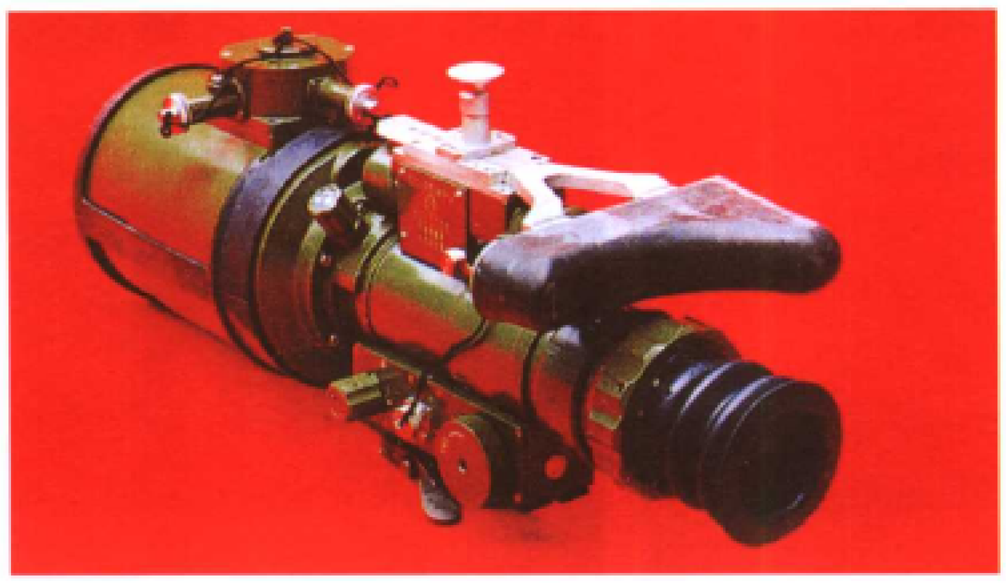


红外成像仪

（杨建文）

weiguang yeshiyi

微光夜视仪 (low-light-level night vision device) 通过光电转换和像增强器，能在微弱光照条件下观察物体的仪器。主要用于夜间侦察、瞄准、驾驶车辆或其他战场作业，观察距离为数百米至2 000米左右，并可与红外成像仪、激光测距机、雷达等结合，组成光电侦察或光电火控系统。采用被动工作方式，隐蔽性较好，可靠性高，成本较低。但害怕强光照射，易受伪装迷惑和环境影响，在雨雾、阴天等条件下作用距离明显下降，在漆黑环境或白天强光下工作不好。



微光夜视仪

微光夜视仪由光学望远镜、像增强器和供电装置组成（见图）。像增强器是夜视仪的核心部件，位于望远镜物镜和目镜之间，由光电阴极、电子光学系统、荧光屏等组成。在夜间，微弱的自然光线（月光、星光、大气辉光等）照射在物体上，经反射并通过光学系统的物镜在像增强器的阴极面上聚焦、成像，光电阴极转换成强弱对比与其相当的光电子图像，电子光学系统把光电子的能量增强，同时聚焦成像到荧光屏上，形成一幅电子潜像，最后荧光屏将潜像转换成可见光图像。光学系统的目镜再将该图像放大，便于人眼观察。

微光夜视仪已有三代产品。美国首先研制出用光学纤维面板耦合的三级级联像增强管，并制成第一代微光夜视仪，即星光镜（AN/PVS-2），于1965～1967年装备部队，曾用于越南战场。1970年，美国把微通道板引入单极像增强器为核心部件的夜间观瞄器材，称为第二代微光夜视仪。与第一代相比，具有体积小、重量轻、防强光性能好等优点。1979年，美国研制出第三代微光夜视仪，具有更高的灵敏度和小的暗电流(噪声)，光谱响应在近红外区延伸到1.06微米，与夜天光匹配良好，可显著增大夜视仪的作用距离。

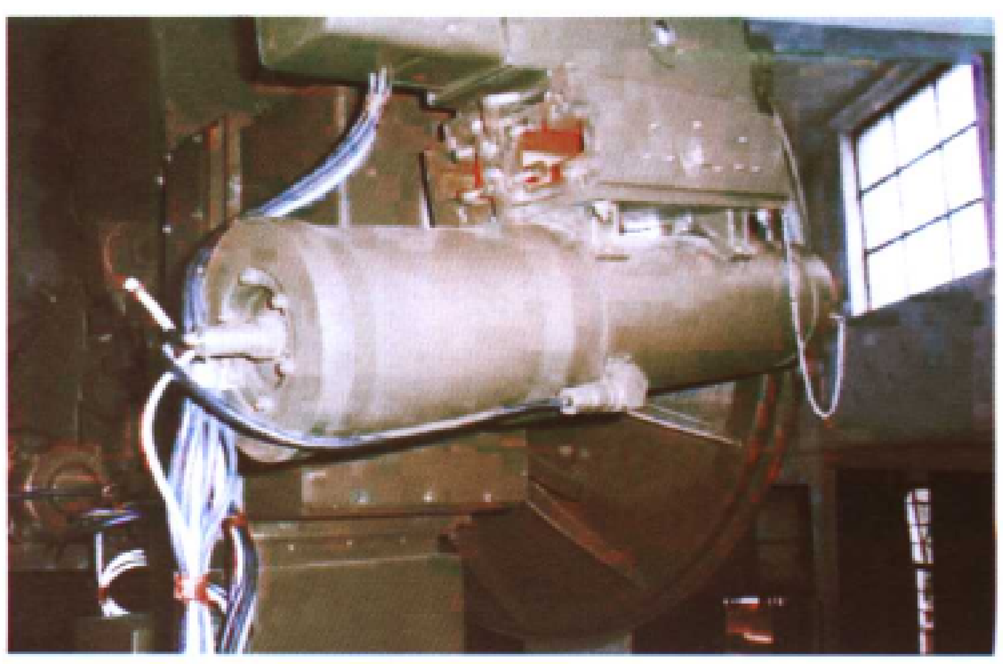
（杨建文）

dianshi genzongyi

电视跟踪仪 (television tracker) 用电视技术对目标实施探测跟踪的设备。以电视摄像机作为传感器，将目标及其背景转换为图像信息，采用图像处理与模式识别技术或人工辅助识别目标，实现对目标的自动、半自动跟踪。主要由电视摄像仪、视频信号处理器、A/D变换电路、计算机系统、D/A变换电路、伺服电路和电视监视器组成（见图）。

工作过程：电视摄像机摄取目标的图像信号，并将视频信号传输到视频处理器进行视频信号处理，从场景中提取出目标信息，并计算出目标相对于瞄准线的偏差，通过伺服机构控制电视摄像机将瞄准线自动对准目标，实现对目标的自动跟踪，同时将目标的位置坐标传给火控计算机。电视监视器供操作手观察判断和人工干预。

电视跟踪仪按目标信息及特征的提



电视跟踪仪

取方法不同，分为点跟踪和相关跟踪等方式。点跟踪主要有边缘跟踪和形心跟踪。相关跟踪主要有统计相关跟踪和匹配相关跟踪。

电视跟踪仪从20世纪60年代开始研制，70年代末期迅速发展，在导弹制导、火炮瞄准以及机载、舰载武器的火控系统中得到广泛应用。先进的电视跟踪仪功能齐全，适应能力强，能用软件将多种图像信息及特征提取融合成一种多模跟踪控制方式，抗干扰性能好，设备简单，跟踪精度高，跟踪距离可达10千米以上。通常与激光测距仪配合，构成火控系统的探测装置。 （杨建文）

gaoshepao wuqi xitong moni xunlianqi

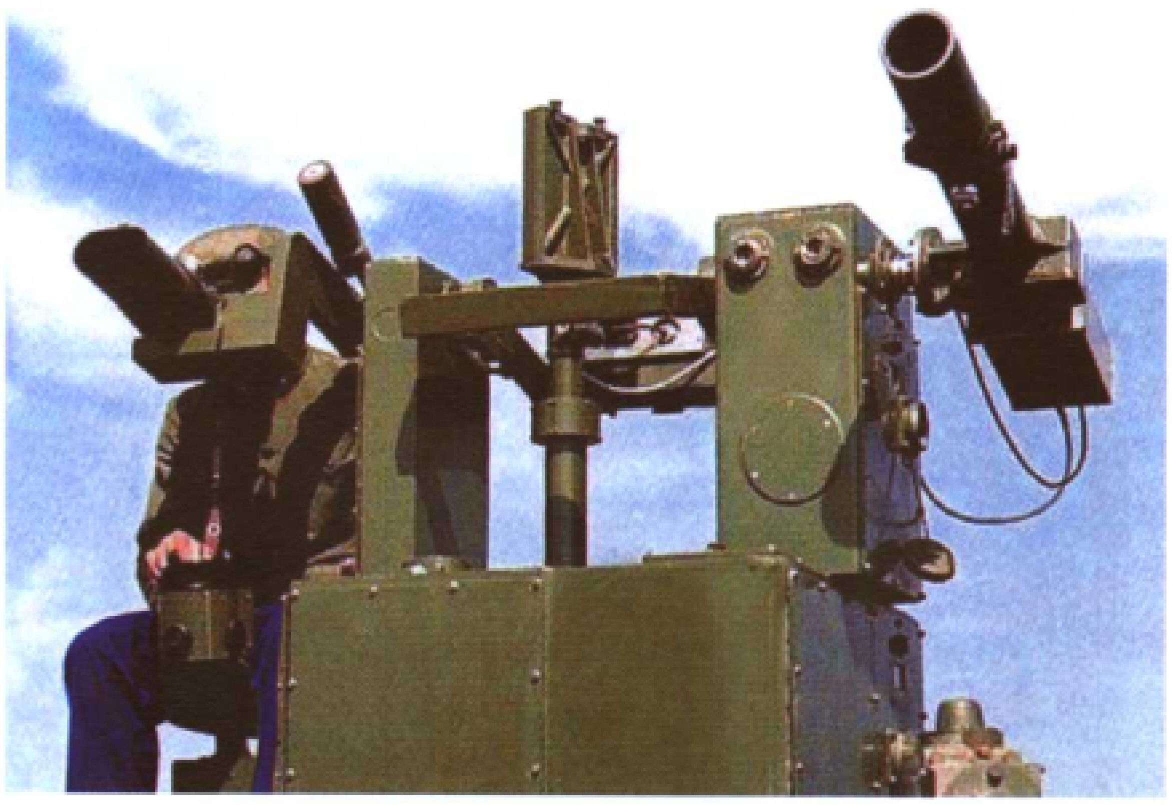
高射炮武器系统模拟训练器 （training simulators of antiaircraft gun weapon system） 高射炮兵指挥、操作人员进行模拟训练的设备。用于模拟作战中各种操作、控制和决策指挥等实际情况及状态。包括作战指挥、火力、火控系统和综合等模拟训练器。具有经济、高效、安全等特点。

主要由操作台、控制台和计算机系统等组成。操作台由操纵控制器、仿真跟踪瞄准装置、显示仪表和声响发生器等组成，为受训人员提供逼真的操作环境；控制台由控制器和记录显示器等组成，能预置或干预训练器的初始或运行状态，控制、记录训练过程和检查训练成绩；计算机系统是模拟训练器的主体和核心，由主控仿真计算机和雷达、光电、瞄准具等分系统仿真计算机组成，通常包括系统管理、实时仿真（目标图形及航迹、跟踪、电子对抗、地形背景和射击影响等）、操作管理及训练成绩评定等设备。随着技术的进步，模拟训练器将进一步提高高技术战场环境下的操作和对抗训练逼真度及智能化水平。 （高尚瑞）

gaoshepao bikai sheji jianchayi

高射炮避开射击检查仪 （mirror shooting inspection device of antiaircraft gun） 检查高射炮避开射击效果的仪器。简称避开仪。是评定高射炮射击成绩的设备。高射炮避开射击时，火控系统的目标探测装置瞄准跟踪目标，高射炮向以避开仪平面反射镜镜面为准、与目标提前点对称的假设点射击。避开仪测定观察镜内或监视器屏幕上炸点或弹迹相对于目标的偏差量，以此评定实弹射击成绩。

分为光学避开仪和电视避开仪两种。光学避开仪由瞄准镜、平面反射镜、观察镜、记录机构、托架及附件组成。观测时，瞄准镜瞄准跟踪目标，观察镜内获得目标像点，同时平面反射镜将炸点或弹迹像点



中国86式高射炮电视避开射击检查仪

经光学系统传至观察镜中。测手在观察镜内可同时看到目标和炸点或弹迹，并以镜内分划测出炸点或弹迹的方向、高低偏差量。与雷达配合，还可以判定炸点或弹迹的距离偏差量。电视避开仪由跟踪转台、主摄像机组、副摄像机组、平面反射镜、监视器、控制台等组成。观测时，转动跟踪转台，使主摄像机组瞄准跟踪目标，摄取目标图像。副摄像机组对准平面反射镜瞄准弹丸炸点或弹迹，摄取炸点或弹迹的图像。目标图像和炸点或弹迹的图像在电视跟踪器内同步合成为视频信号，分别送到控制台上的监视器和录像机。监视器能在同一画面上显示出目标与炸点或弹迹，供测定炸点或弹迹的方向和高低偏差量，需录像时可自动录取。

光学避开仪最早出现于20世纪50年代。中国于70年代制造出光学避开仪，80年代研制成电视避开仪（见图）。电视避开仪的出现，提高了评定高射炮射击成绩的可信度。 （王　涛）

gaoshepao sheji jieguo zidong pingpan xitong

高射炮射击结果自动评判系统 （automatic scoring system for antiaircraft gun firing） 自动测定、显示和评判高射炮实弹射击结果的设备。主要包括脱靶距离指示器和地面站两大部分。脱靶距离指示器由获取射弹脱靶距离信息的传感器和传递信息的无线电发射机组成，利用声波或无线电波测量射弹脱靶距离。用声波测量时，根据弹丸超音速飞行形成的弹道激波与偏离弹道的距离相关的特性检测脱靶量。用无线电波测量时，根据多普勒原理检测脱靶量，经无线电发射机传给地面站。地面站由无线电接收机、计算机、显示器等组成，接收由脱靶距离指示器传送的脱靶量信息，经计算机处理，自动显示和记录射击结果。20世纪70年代开始使用的高射炮射击结果自动评判系统除显示射弹的脱靶量外，还可显示以靶标为坐标原点的每发射弹的坐标。

（刘昌满　廖洲宝）

gaoshepao wuqi xitong baozhang shebei

高射炮武器系统保障设备 （support equipment of antiaircraft gun weapon system） 保障高射炮武器系统完成作战任务的各种设备和器材的总称。高射炮武器系统的组成部分。主要包括作战训练保障设备和维修保障设备。①作战训练保障设备。主要有炮衣、伪装网、多波段隐身涂料、带有信息源的假目标和诱饵等伪装器材，火力、火控系统模拟训练器和射击评价系统，为火力、火控系统提供能源的电源车（站）以及弹药保障车等。②维修保障设备。主要有为阵地迅速维修特别是抢修任务提供全面保障的火力、火控维修车（方舱），维修支援车，专用工具、计算机、仪器设备及零备件等。现代高射炮技术保障设备与火力火控系统实现一体化设计，具有不解体自动检测功能，利用计算机技术可对故障定位到特种元件、插件、组件或部件级，可信度达90%以上，可修复武器系统全部故障的95%以上，并具有管理功能。

随着高射炮武器系统的发展，高射炮武器系统保障设备的技术水平、自动

化和智能化程度将进一步提高。

（高尚瑞）

gaoshepaobing qingbao zhihui xitong

高射炮兵情报指挥系统 (information and command system of antiaircraft artillery) 见高射炮兵指挥自动化系统。

gaoshepao wuqi xitong zhanshu jishu xingneng

高射炮武器系统战术技术性能 (tactical/technical performance of antiaircraft gun weapon system) 高射炮武器系统作战能力和技术特性的总称。是高射炮武器系统研制、生产与作战使用的基本依据。以多项定性、定量的系统和分系统性能指标具体表述。在论证时提出，定型时验证确定。

主要内容包括探测跟踪能力、威力、毁伤能力、机动性、可靠性和维修性等。①探测跟踪能力。包括发现、捕获、跟踪和识别目标的能力；测定目标现在点坐标和运动参数的能力；解算目标提前点坐标以及控制火力系统对目标实施瞄准射击的能力。通常用最大发现距离、最大跟踪距离、精度、低空性能、抗干扰性能、全天候性能和快速反应能力来衡量。最大发现距离是探测设备对典型目标按规定的发现概率发现目标的最远距离。最大跟踪距离是探测设备对空中目标进行稳定跟踪的最大距离。精度是探测设备测定目标坐标精度和火控计算机求解目标提前点坐标精度的总称，包括测角误差、测距误差和实弹射击误差等，通常用静态误差、动态误差来表示。低空性能是探测设备在地杂波中发现和跟踪低空、超低空目标的能力，通常以波束宽度和地杂波中的可见度来反映。抗干扰性能是探测设备在各种干扰条件下持续正常工作的能力，通常采用抗干扰强的雷达体制和措施来反映。全天候性能是探测设备在各种气候条件和昼、夜间正常工作的能力。快速反应能力是指挥系统、火控系统在发现目标后迅速作出判断和决策，控制火力系统实施射击的能力，主要取决于火控系统的反应时间、火炮的调转速度和指挥操作时间等。②威力。火力系统毁伤空中目标的能力。主要包括口径、初速、射速、射高、射程、射击精度和弹丸威力等。初速指弹丸离开炮口瞬间的飞行速度。射速是高射炮在单位时间内发射的弹数。射击精度是射击准确度和密集度的总称，通常用系统误差和随机误差来表示。弹丸威力主要取决于装药品种、数量、比动能及引信类型，通常用有效杀伤半径来衡量。③毁伤能力。武器系统在特定作战环境和射击条件下对典型目标的射击效果。主要取决于命中精度、弹丸有效杀伤半径，通常用毁伤概率来衡量。④机动性。包括运动性和火力机动性。运动性通常用三级路面平均行驶速度和行军、战斗转换时间来衡量。火力机动性通常用火力转移时间来衡量。⑤可靠性。高射炮武器系统在规定条件下和规定时间内完成规定任务能力的量度。通常用平均故障间隔时间（MTBF）、平均无故障射击发数（MRBF）及车辆平均故障间隔里程（MMTT）来衡量。⑥维修性。对于可修复系统或部件，在规定时间内按规程和方法进行修理的难易程度的量度。通常用平均修复时间（MTTR）来衡量。

随着高射炮武器技术和评估理论、测量技术的发展，其战术技术性能将进一步提高和完善，更便于检测和衡量。

（刘尧光）

gaoshepao wuqi xitong sheji nengli

高射炮武器系统射击能力 (firing capabilities of antiaircraft gun weapon system) 高射炮兵遂行射击任务所具备的能力。包括高射炮分队射击能力和高射炮部队射击能力。

高射炮分队射击能力包括：有效射击范围、射击时间、发射速度、发射弹数、炮弹威力、反应时间和射击精度等。有效射击范围越大，击毁空中目标的空域越大，并能提供更大的掩护面积。射击时间越长，发射速度越快，发射的弹数越多。单位时间内发射的弹数多，炮弹的威力大，毁伤目标的概率越大。反应时间短，可减少射击准备时间，增加射击时间，利于提高毁伤目标的概率和转移火力射击更多的目标。射击精度越高，命中概率越高。高射炮部队射击能力包括：能同时射击的目标数，对目标连续射击的能力和毁伤空中目标数的数学期望值等。

射击能力由高射炮、弹药及配套装备的技术性能和目标性质、目标飞行条件等确定，同时与指战员的战斗素质密切相关。是高射炮兵确定战斗部署、研究射击方法和实施射击指挥的重要依据，运用比较广泛。有效射击范围是确定高射炮连与连配置间隔和计算高射炮部队火力范围的主要条件；射击精度、射击时间和反应时间是高射炮对空射击时确定射击方法的重要依据。世界主要国家把装备发射速度快、反应时间短、射击精度高、射弹威力大的高射炮武器系统，作为提高高射炮兵射击能力的主要途径。

（丁全友）

gaoshepao sheji fanwei

高射炮射击范围 (antiaircraft gun firing coverage) 高射炮发射的弹丸能够达到的空间。根据射击效果的不同，分为最大射击范围和有效射击范围。

最大射击范围是高射炮用不空炸的炮弹射击时，弹丸能够到达的空间(图1)。将高射炮在某一方向上以不同的射角发射所形成的弹道在空间最远点的连线，在方向

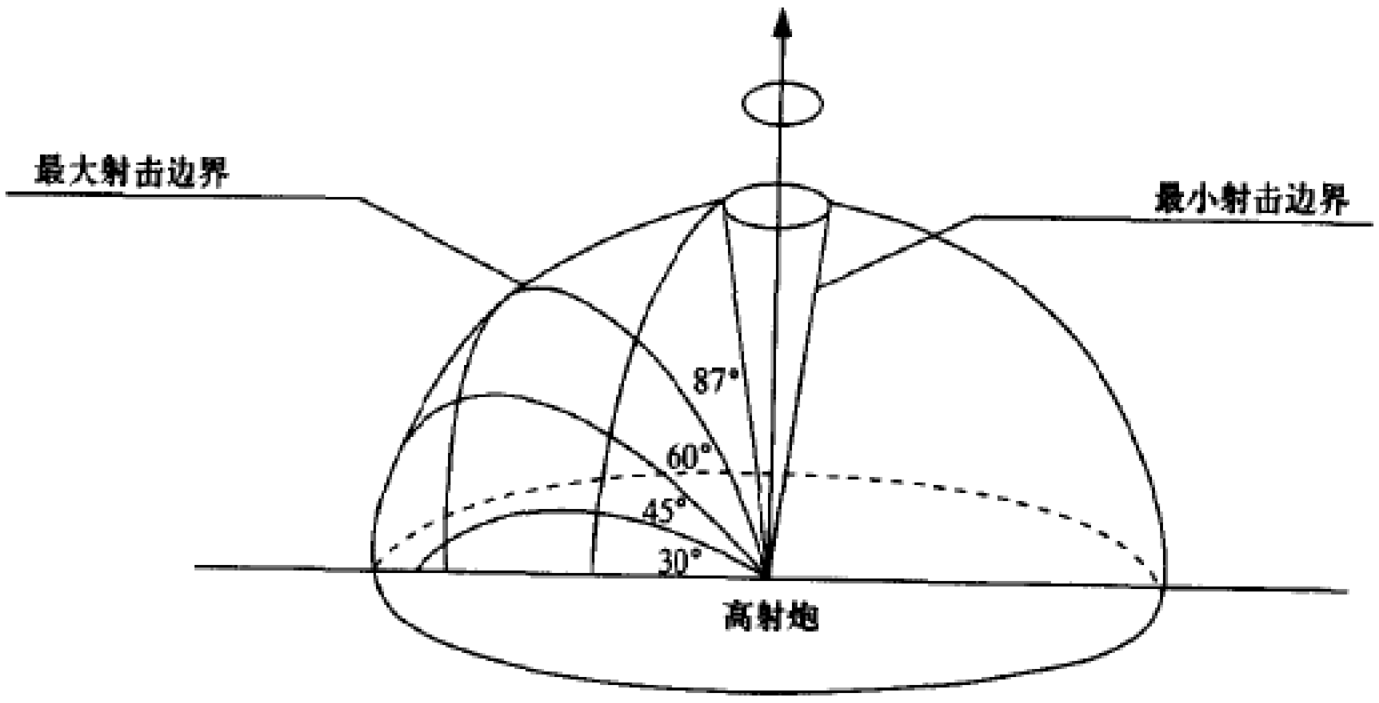


图1 高射炮最大射击范围示意图

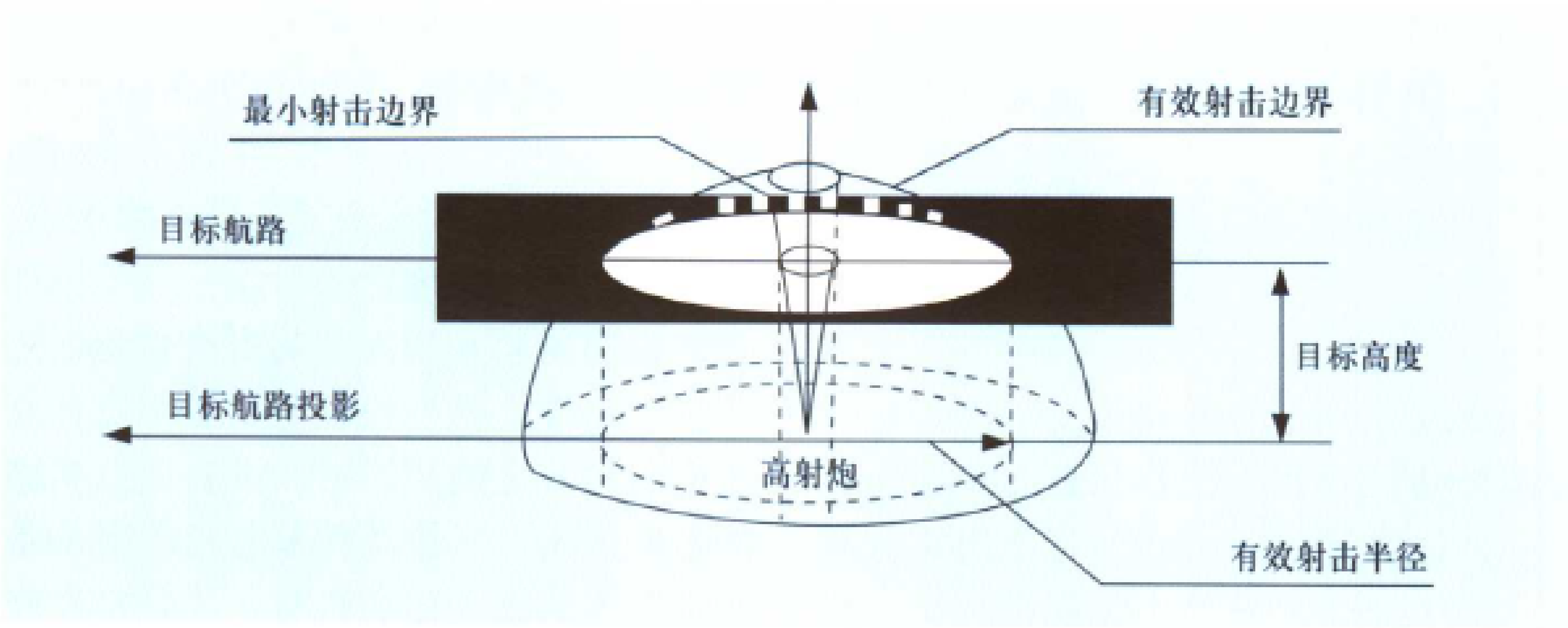


图 2 高射炮有效射击范围示意图

上旋转一周形成的近似半球形曲面，称为最大射击边界。以最大射角发射的弹丸弹道的升弧段，在方向上旋转一周形成的圆锥形曲面，称为最小射击边界（亦称圆锥死界边界）。最大射击边界和最小射击边界之间的空间，即为高射炮的最大射击范围。其大小取决于高射炮射击方向和高低射界，以及弹丸的初速、外形和质量。

有效射击范围指高射炮发射的弹丸及其杀伤体具有毁伤空中目标效能的空间范围(图2)。有效射击范围是最大射击范围的一部分。中口径高射炮在某一方向上按时间引信最大刻线以不同的射角发射所形成的弹道在空间最远点的连线，在方向上旋转一周形成的半球形曲面，称为有效射击边界。小口径高射炮则以指挥仪（瞄准具）的最大斜距离为半径构成的半球形曲面为有效射击边界。有效射击边界和最小射击边界之间的空间，即为有效射击范围。中口径高射炮有效射击范围的大小由最大引信作用时间决定。小口径高射炮有效射击范围除决定于引信定时自炸距离外，在用指挥仪法或瞄准具法射击时，还与指挥仪或瞄准具工作的有效距离有关。以某一高度的水平面切割有效射击范围，切面为同心的圆环，其外圆半径称为有效射击半径（亦称有效火力半径）。有效射击半径与射击目标的高度有关，目标高度越高，有效射击半径越小。有效射击半径是高射炮兵配置战斗队形、计算毁伤概率的重要依据。有效射击范围的指标除有效射击半径外，还包括有效射击距离和有效射击高度。有效射击距离为高射炮位置至有效射击边界的距离，亦称有效斜距离。有效射击高度为高射炮对空中目标能实施有效射击的最大高度。

（丁全友 阳 静）

gaoshepao youxiao sheji juli

高射炮有效射击距离 (antiaircraft gun effective firing distance) 见高射炮射击范围。

gaoshepao youxiao sheji gaodu

高射炮有效射击高度 (antiaircraft gun effective firing height) 见高射炮射击范围。

gaoshepao sheji sijie

高射炮射击死界 (antiaircraft gun firing dead range) 高射炮对空中目标射击时，在射击范围内因跟不上目标或射击不到目标的空间。亦称高射炮死界范围。包括圆锥死界范围和瞄准死界范围。

圆锥死界范围是高射炮受最大射角的限制，在其顶空形成的射击不到的圆锥形空间。以某一高度的水平面切割圆锥死界范围，切面圆为该高度的圆锥死界平面区域，其半径称为圆锥死界半径。圆锥死界半径与射击目标的高度有关，随目标高度的增大而增大。瞄准死界范围是射击目标的角坐标变化速度大于火炮、仪器的最大跟踪瞄准速度时，所形成的瞄准操作追随不上目标的空域。包括指挥仪、炮瞄雷达和火炮瞄准死界范围。瞄准死界范围分为方向和高低瞄准死界范围。跟踪不上目标的最大水平距离，称为瞄准死界半径。高射炮总的瞄准死界半径取探测设备和火炮瞄准死界半径中的最大者。

高射炮射击死界是高射炮兵配置战斗队形，计算射击时间、开火距离和毁伤概率的重要依据。射击死界半径取圆锥死界半径和瞄准死界半径中的最大者。高射炮瞄准死界的大小，主要取决于兵器系统的性能，同时也与操作水平有关。随着高射炮技术发展和制导炮弹的应用，射击死界将进一步缩小。（丁全友 阳 静）

gaoshepao youxiao sheji banjing

高射炮有效射击半径 (antiaircraft gun effective firing radius) 见高射炮射击范围。

gaoshepao sheji zhouzhuan shijian

高射炮射击周转时间 (antiaircraft gun firing switch-over time) 高射炮兵火力单位从对一批目标射击转移到对另一批目标射击所需的时间。高射炮兵转移火力的重要依据。主要包括下达转移火力命令时间，重新指示目标时间，搜捕和校对新目标时间，计算射击诸元时间，以及能至少发射 2～3 个点射或齐射的时间。射击周转时间的长短，与兵器性能和部队指挥、操作熟练程度密切相关。缩短射击周转时间的主要途径是提高兵器性能和部队的指挥、操作水平及协同能力。

（丁全友）

gaoshepao wuqi xitong fanying shijian

高射炮武器系统反应时间 (reaction time of antiaircraft gun weapon system) 高射炮武器系统的炮瞄雷达或其他目标探测跟踪设备收到确切的目标指示信息起，至火炮射出第一发炮弹止所需的最短时间。高射炮武器系统战术技术性能之一。取决于武器系统的性能和人员素质。主要包括搜捕目标时间，校对目标时间，计算与稳定射击诸元时间和火炮调转、装填、击发时间。

20世纪40年代初，出现了由炮瞄雷达、机电式射击指挥仪和带随动装置的高射炮组成的高射炮武器系统。由于没有搜索雷达，炮瞄雷达抗电子干扰能力差，未配备敌我识别装置，指挥仪计算射击诸元较慢等原因，系统的反应时间在50秒以上。60年代后，高射炮武器系统开始配装敌我识别装置，有的还配有搜索雷达，电子对抗性能不断改进，射击诸元计算装置由机电式发展到数字式，火炮实现了自动、半自动装填，系统的反应时间明显缩短，约为20秒左右。80年代后研制的小口径自行高射炮武器系统的反应时间低于10秒。

（陈祥益）

gaoshepao fashe zhonglei

高射炮发射种类 (antiaircraft gun firing modes) 高射炮射击时，在程序和时间间隔上采用的方式。

不同口径高射炮，采用不同的发射种类。大、中口径高射炮的发射种类有单发射、齐射和急促射。①单发射。各炮自行发射，无固定的发射间隔，发射持续时间视情而定。通常在用瞄准具法对空降和地面、水面目标射击时采用。便于射击校正，节省弹药，但火力单薄。②齐射。高射炮兵连在指挥员或火控系统的统一控制下，各炮按规定的时间间隔（通常为4～6秒）同时发射的方法。中口径高射炮的基本发射方式，用指挥仪法对空中目标射击时采用。对射击目标威胁大，便于观察炸点偏差。③急促射。高射炮以最大射速发射完指定弹数的发射方法。用瞄准具法对低空、俯冲的飞机和集群伞降目标射击时采用。火力强，但精度低。

小口径高射炮的发射种类有单发射和点射。单发射的使用时机和特点与中口径高射炮基本相同。点射是每次连续发射数发炮弹的发射方式。按每次发射持续时间的长短，分为短点射和长点射。每次发射持续时间1～2秒的点射为短点射（通常为2～3发），射击精度高，通常用于对速度较小、距离较远的目标射击；每次发射持续时间2～4秒的点射为长点射（通常为4～6发），火力密度大，适用于对中、近距离上的快速或机动目标射击。特殊情况下可使用连射（加长点射），但不能超过极限发射速度，以避免炮身温度过高，加快炮膛磨损而降低弹丸初速。（王　涛）

gaoshepao zhihuiyi shejifa
高射炮指挥仪射击法　(antiaircraft gun firing with director control)　使用高射炮射击指挥仪或火控计算机求取射击诸元进行射击的方法。简称指挥仪法。是高射炮射击的基本方法。按不同的探测装置提供的目标坐标信息，分为光学诸元、雷达诸元和综合诸元等射击方法。通常采用精度最高的综合诸元方法。由炮瞄雷达、光学仪器、光电装置测定目标现在位置坐标，由射击指挥仪或火控计算机求出射击诸元，经同步传动装置或数据传输装置传给高射炮，并自动跟踪射击。测定目标现在位置坐标比较精确，指挥仪法能平滑随机误差，具有多种目标运动假定，能修正射击条件偏差量，计算射击诸元精度较高，适应不同目标和气象条件，便于统一目标和集火射击。但操作较为复杂，求得准确射击诸元较慢，反应时间比瞄准具射击法长，且不便分火射击。

（王　涛）

gaoshepao miaozhunju shejifa
高射炮瞄准具射击法　(antiaircraft gun firing with sight control)　使用高射炮瞄准具求取和装定射击诸元进行射击的方法。简称瞄准具法。高射炮射击的辅助方法。

不同类型的瞄准具测定与输入目标参数诸元的方式不同，射击要领也不同。使用向量瞄准具射击时，用光学瞄准镜跟踪目标，在瞄准具上装定目标的速度、斜距离、航向、俯冲角或上升角，瞄准具自动连续地求取射击诸元，高射炮身管指向目标提前位置射击。使用测速瞄准具射击时，用光学瞄准镜跟踪目标，火控计算机按照高射炮跟踪目标时所产生的角速度连续求取提前量，高射炮身管指向目标提前位置射击。使用独立瞄准线式计算瞄准具射击时，在瞄准跟踪目标时装定一次目标速度和斜距离，瞄准具自动连续地求取射击诸元，高射炮身管指向目标提前位置射击。

大、中口径高射炮采用瞄准具法射击，在瞄准具上装定预先计算好的方向瞄准角和高低瞄准角，在炮弹上装定预先计算好的引信分划，按直接瞄准的方式射击，亦称高射炮直接瞄准射击。小口径高射炮采用瞄准具法射击，能连续求取射击诸元，集中数门高射炮射击同一目标，也可由各炮自行选择目标射击，火力运用比较灵活。但测定目标坐标和确定目标运动参数误差较大，不能修正射击条件偏差量，射击精度比高射炮指挥仪射击法低，受能见度影响大。

高射炮瞄准具射击法不受电子干扰的影响，操作简便灵活，反应速度较快，便于对突然出现在近距离上的目标和机动目标进行射击。（王　涛）

gaoshepao zhijie miaozhun sheji
高射炮直接瞄准射击　(antiaircraft gun direct firing)　见高射炮瞄准具射击法。

gaoshepao jianyan sheji
高射炮检验射击　(antiaircraft gun verification firing)　高射炮为判定和修正射击偏差，对空中检验点进行的实弹射击。包括射击准备精度检验射击、气象条件偏差检验射击和炮弹装药批次检验射击等。射击准备精度检验射击是判定和修正高射炮兵连的兵器射击准备误差实施的检验射击。气象条件偏差检验射击是当高射炮兵无气象通报时，为判定和修正气象条件偏差实施的检验射击。炮弹装药批次检验射击是当某批次炮弹未标明炮弹装药批次偏差量，或某批次炮弹因存放时间较长，为判定和修正其装药批次偏差实施的检验射击。检验射击用1～2门火炮，用仪器或人工计算射击诸元，向空中检验点射击，测定出射击偏差量，并计算出相应的射击修正量，在执行对空中目标射击任务时予以修正。

（黄绪江）

gaoshepao bikai sheji
高射炮避开射击　(antiaircraft gun mirror shooting firing)　高射炮的炮瞄雷达和指挥仪瞄准目标，高射炮射向避开目标，向相反方向或对称位置的假设点射击的实弹射击方法。用于实弹射击训练。比直接对靶标射击更近似实战条件，有利于保证训练用目标机的安全，适合于用指挥仪法对空中快速目标射击。根据假设点和目标提前点对称形式的不同，分为背向避开射击和镜面避开射击。背向避开射击（图1）是火炮向以通过避开仪位置的竖直轴为对称轴，与目标提前点对称的假设点射击的避开射击方法。亦称方位角折转法射击。镜面避开射击（图2）是火炮向以通过避开仪位置的竖直平面（镜面）为对称面，与目标提前点对称的假设点射击的避开

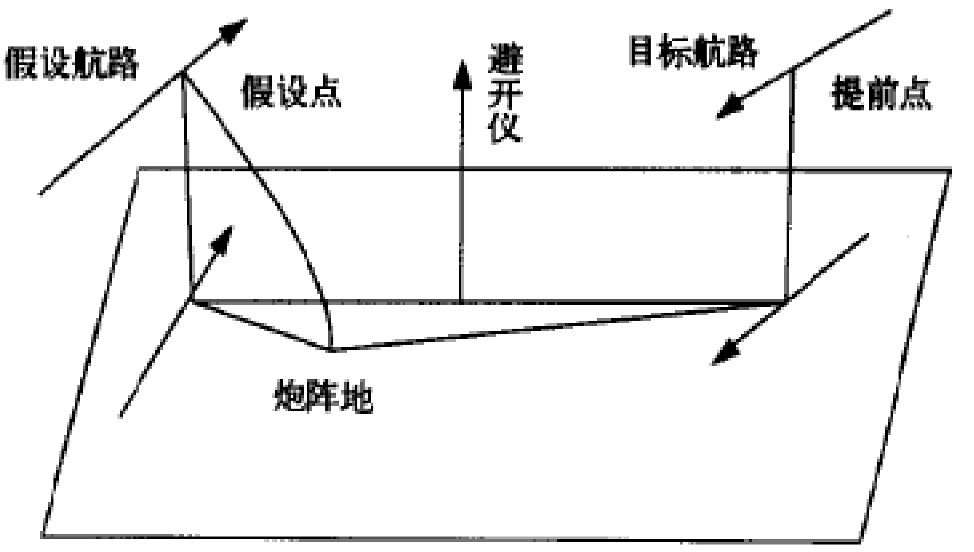


图1　背向避开射击示意图

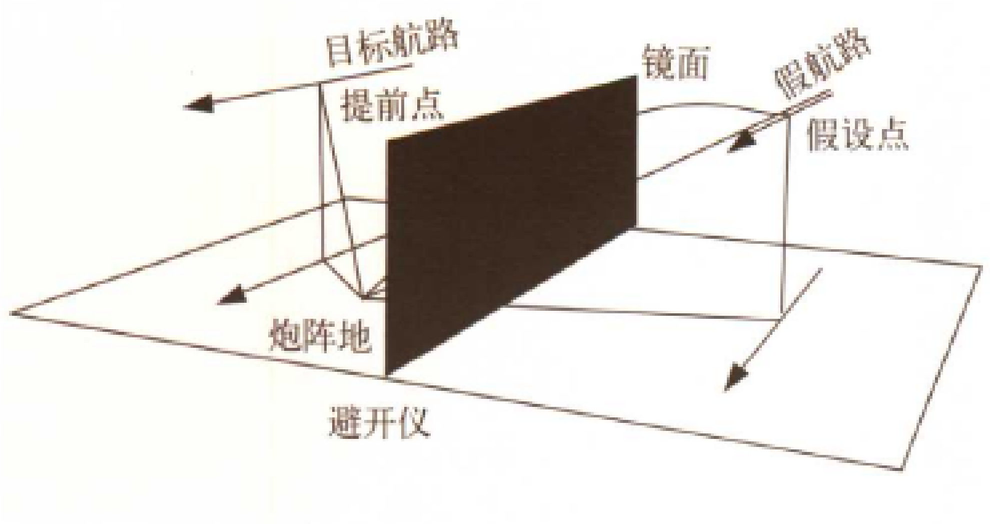


图2 镜面避开射击示意图

射击方法。亦称镜面折转法射击。

（黄绪江）

gaoshepao sheji zhuyuan

高射炮射击诸元 (antiaircraft gun firing data) 高射炮射击时使用的目标提前方位角、射角和引信分划等数值的统称。提前方位角为发射瞬间目标所在点方位角和方位角提前量之和。射角为发射瞬间目标所在点高低角、高低角提前量及高角（考虑地球引力对弹丸的影响而抬高的角度）之和。发射瞬间目标所在点的方位角、高低角由探测装置或火炮瞄准镜测得；方位角提前量、高低角提前量和高角以及引信值，由指挥仪（火控计算机）或瞄准具自动连续求出。有些中口径高射炮用瞄准具法射击时，发射瞬间目标所在点的方位角、高低角由火炮瞄准镜测得，方位角提前量、高低角提前量、高角和引信值需人工计算求出。中口径高射炮用带有时间引信的炮弹射击时，射击诸元包括提前方位角、射角和引信值。小口径高射炮用带有着发或近炸引信的炮弹射击时，射击诸元只包括提前方位角和射角。

（黄绪江）

gaoshepao sheji xiuzheng

高射炮射击修正 (antiaircraft gun firing correction) 调整高射炮或火控系统的某些诸元，使射弹散布中心与目标重合。亦称高射炮射击校正。包括预先修正和射击中修正。预先修正是在下一次射击前对射击条件偏差和系统偏差所进行的修正。射击中修正是在实施射击过程中，对观察测定到的射弹偏差实时进行的修正。实弹射击时射弹偏差量可以通过火控系统的探测跟踪装置、避开仪、高射炮射击结果自动评判系统测定，作战时通过指挥镜测定，有时也可通过目测测定。现代高射炮系统可由探测跟踪装置实施测定并自动修正，射击修正精度主要取决于观测仪器的性能、测定偏差的次数、准确性和观察条件。实施人工射击修正时，由射击指挥员根据射击规则，确定相关诸元修正量，并下达修正口令。射击中进行正确的射击修正，是提高命中概率和毁伤概率的重要措施。

（刘昌满 廖洲宝）

gaoshepao miaozhun fangshi

高射炮瞄准方式 (antiaircraft gun sighting modes) 高射炮射击时赋予炮身指向的方法。分为间接瞄准和直接瞄准。间接瞄准是高射炮按指挥仪（火控计算机）诸元通过自动或对针等方法控制炮身实施瞄准，或在高射炮上按口令人工装定射击诸元，使炮身实施瞄准。在指挥仪（火控计算机）法射击、拦阻射击和检验射击时采用。直接瞄准是用高射炮瞄准镜直接瞄准跟踪目标，炮身按自动瞄准具计算的诸元或人工装定诸元实施瞄准。在瞄准具法射击时采用。 （黄绪江）

gaoshepao wuqi xitong zuozhan xiaoneng

高射炮武器系统作战效能 (combat effectiveness of antiaircraft gun weapon system) 高射炮武器系统作战能力和效率的综合衡量指标。用来评估高射炮武器系统在作战中发挥作用的有效程度。比较不同高射炮武器系统的综合作战能力，研制高射炮武器系统时计算效费比和计算机作战模拟的重要指标。

评估系统作战效能有两种基本思路：①从主要战术技术性能出发综合评估。给定作战任务和背景，明确约束条件，选择综合性能指标，建立效能分析模型进行计算。此方法与具体目标无关。②衡量能否完成对典型目标的抗击能力。通常用射击效率表示。两种评估结果分别适用于不同的要求和场合。前者称作战技术效能，后者称作战使用效能，统称高射炮武器系统作战效能。

作战技术效能评估选择作战能力指数、可用度、可信度和支撑度（持续作战能力）4个因素。上述因素的确定，一是直接采用技术性能参数或实战演练的统计结果；二是采用专家评估方法，建立数学模型进行处理后方能使用。4个因素相乘为最终衡量效能的指标。作战能力指数是高射炮武器系统完成作战任务的能力，由发现概率、服务概率、毁伤概率和生存概率构成；可用度指系统的良好率，即能迅速投入战斗的系统数量与装备数量之比；可信度指系统作战的可靠性，即不出故障完成作战任务的概率，由系统的可靠性（平均故障间隔时间）决定；支撑度指支持系统持续作战的能力，如弹药、零备件补充以及战损修复能力等。

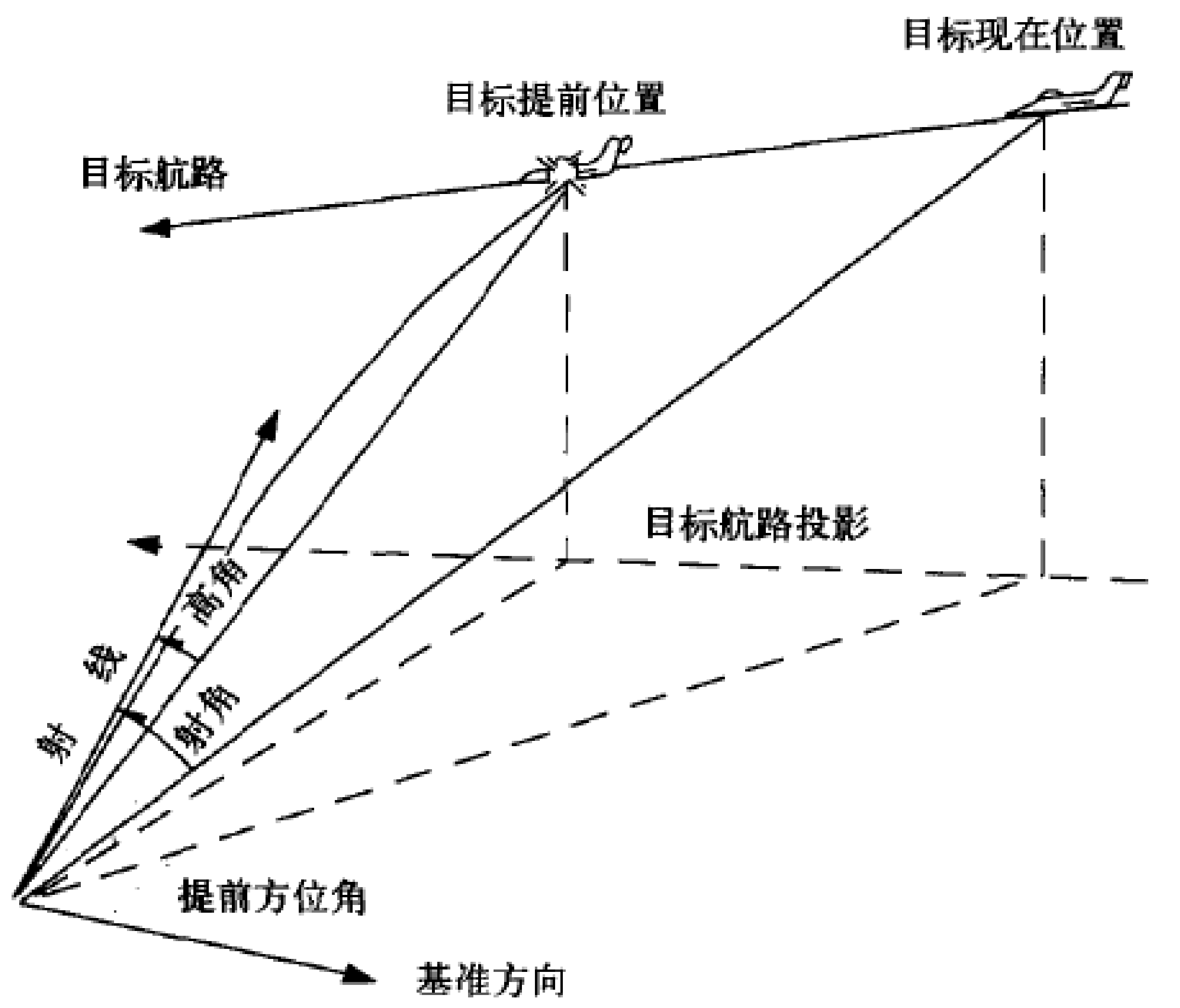
作战使用效能评估以作战对象的特点和战场环境等因素为前提，首先确定高射炮武器系统在典型作战环境下抗击典型目标时所必须的环节，再确定各环节的完成概率。各环节完成概率之积即为最终完成任务概率，表征高射炮武器系统的作战使用效能。其中，高射炮武器系统抗击能力主要由发现概率、射击概率等环节决定。与侦察系统、火控系统、火力系统的战术技术性能以及作战环境、天候情况、目标的战术技术性能、进袭方式等因素有关。通常依据靶场试验并结合射击理论分析求得。 （刘尧光）

gaoshepaobing shejixue

高射炮兵射击学 (antiaircraft gunnery) 研究合理运用高射炮武器系统，将弹丸射向目标并获得最佳射击效果的学科。内容包括射击理论和射击方法。

历史沿革 第一次世界大战中作战飞机的出现和高射炮的普遍应用，高射炮射击学随之产生，成为射击学的一个分支学科。高射炮射击学吸收了射击学，尤其是地面炮兵射击学理论研究的成果和方法，并在作战训练中创造性地加以运用，逐步形成了自己的学科特色。第一次世界大战后高射炮射击指挥仪的广泛应用，第二次世界大战后计算机的出现，都有力地促进了高射炮射击学的发展，逐步形成了较为系统稳定的理论研究体系。

射击理论 主要以概率论和高射炮外弹道学为基础，研究各种影响射击精度的因素对射击效果的综合作用，并探求如何获得最佳射击效果的理论（见图）。是指导射击指挥和制定射击规则，以及研制各种射击指挥和控制器材的依据。射击理



高射炮射击原理示意图

论主要包括解决命中问题、分析射击偏差和评定射击效果等。解决命中问题是射击理论的核心，就是使弹丸的有效作用范围与目标相遇；要研究弹丸和目标两者的运动规律，修正实际射击条件与表定射击条件的偏差，计算射击提前量，决定射击诸元。分析射击偏差是研究提高射击精度和判定射击效果的基础。现代高射炮外弹道学专门研究弹丸在空中运动的规律，几乎已能准确地计算出在给定初始条件和弹道、气象条件下弹丸每一时刻的位置、速度和姿态。但战场情况非常复杂，武器系统与目标均可能处于机动状态，弹道、气象、地形等条件又极其多样，因此需要详细分析影响射击精度的各种误差根源并分清主次，研究在不同情况下如何做出各种必要的修正。评定射击效果是指判定在一定射击条件下完成任务的程度。主要研究弹丸对目标的毁伤作用及毁伤效果，影响射击效果的诸因素，计算射击效率指标的数学方法及保证获得最佳射击效果的条件等。评价射击效果的数值指标通常有命中概率、毁伤概率以及弹药的平均消耗量和费效比等。根据高射炮弹药的性能、威力及射击条件，结合实射结果，用统计学方法可以推算出相应的射击效果。高射炮兵还可按照实际作战需要，规定应达到的射击效果，求取所需的武器数量、弹药消耗量以及射击方案的最佳配合。

射击方法 以高射炮射击理论为指导，以高射炮作战训练的实践经验为基础而制定的对各种目标进行射击的程式、步骤、规则和要领的总称。包括射击指挥和射击操作两个方面。制定射击方法要综合考虑完成任务的经济、可靠和简便易行。通常战术级的射击方法以射击指挥为主要的研究对象，单个或少量武器的射击指挥通常与射击操作、射击规则融合在一起。射击指挥是高射炮兵指挥员和指挥机关在完成射击任务过程中组织和运用火力，指挥部队、分队射击的活动。射击指挥包括了对不同类型目标射击方法的运用。现代高射炮射击指挥利用电子设备将指挥、控制、通信、情报集中到一起，构成高射炮兵指挥控制自动化系统来达到有效的指挥，使高射炮射击指挥的研究进入了一个全新的领域。

展望 现代战争中空中目标的机动性和突防的隐蔽性不断提高，大大增加了射击的复杂程度。高射炮射击学将运用军事运筹学等理论开展动态的和综合的研究，向更深更广的领域发展。

（丁全友）

gaoshepao dandaoxue

高射炮弹道学 (antiaircraft gun ballistics)

研究高射炮弹丸从发射开始到终点的运动规律及伴随发生的有关现象的学科。包括发射装药的点火、燃烧、高温高压燃气的产生与膨胀做功，弹丸的运动，对目标的作用，以及伴随出现的各种现象等。高射炮弹道学已经发展成为涉及刚体动力学、气体动力学、空气动力学、弹塑性力学、化学热力学以及燃烧理论、爆炸动力学、撞击动力学、优化理论和现代计算技术领域的综合性学科。用于指导高射炮的设计、使用和改进，以使高射炮在优化条件下达到预期的射程、射击精度和毁伤效果，并保证射击的安全性。此外，高射炮弹道学还可以在新型高射炮的研制、新发射方式的探讨，以及新能源的利用方面发挥应有的指导作用，并促进自身向新的学术领域扩展。

高射炮采用身管密闭发射方式，利用高压火药燃气的膨胀作用在身管内推动弹丸以一定的速度射出膛口。根据射击过程不同阶段的物理现象，高射炮弹道学主要划分为5个分支学科：①起始弹道学。研究从击发开始到弹丸的弹带全部挤进膛线这一阶段中，点火药的点火与传火，装药燃烧、弹丸挤进过程以及压力波的形成与发展等规律及有关现象。②内弹道学。研究从弹丸的弹带全部挤进膛线到弹丸飞出膛口这一阶段的弹丸运动、火药燃烧、物质流动以及能量转换等规律及有关现象。③中间弹道学。研究从弹丸飞出膛口到脱离火药燃气的力学影响这一阶段的膛口流场对弹丸运动规律的影响，以及伴随膛内火药燃气排空过程发生的有关现象。④外弹道学。研究弹丸在脱离膛口流场影响后，在空中飞行的运动规律及有关现象。⑤终点弹道学。研究弹丸在目标区域发生的现象与运动规律，对目标的作用机理及威力效应等。

弹丸运动的5个弹道阶段，组成了一个完整的弹道体系。在这个体系中，起始弹道通过装药的点火燃烧及弹丸挤进膛线等起始条件，直接影响内弹道规律；内弹道又通过弹丸的初速、膛内弹丸的运动状态、炮身的推动和炮口膛压等因素，影响中间弹道，进而影响外弹道；而外弹道则通过弹丸的落速、落角等因素影响终点弹道，从而密切地联系在一起，并体现出全弹道的整体概念。

从早期的弹道学扩展到各分支学科的形成，经历了两个多世纪。最初是以射管武器的膛口为界，划分为膛内弹道学和膛外弹道学；经过一个多世纪的发展，到19世纪后期，才初步完善了各自的学科体系。介于其间的膛口现象研究，原先仅作为内弹道现象的延续。随着对武器的威力和射击精度要求不断提高，以及应用膛口装置之后，膛口气流的利用及有害现象的抑制等问题的出现，促使对膛口气流的研究日益受到重视，而气体动力学理论、计算技术以及流场测试技术的相继发展，又为这方面的研究提供了必要的条件。20世纪60年代以后，这一新领域的研究，已从内弹道学中分化出来，形成了中间弹道学科。弹道起始段的研究，虽然原来也是属于内弹道学的一个组成部分，但随着武器向高初速、高膛压

以及高装填密度方向发展的需要，发射装药起始燃烧阶段对射击安全性和弹道稳定性等的影响日益受到重视，而现代燃烧理论、内弹道两相流理论以及脉冲X光测试技术等也为这方面的研究提供了必要的条件，使这个领域研究的深度和广度都在不断发展，起始弹道学也逐渐从内弹道学中分离出来自成体系。终点弹道学的研究虽然早在19世纪前期即已兴起，但是它的发展进程同中间弹道学的情况一样，也是20世纪中期在有关基础学科和测试技术发展的推动下，才逐渐形成了较完整的学科体系。随着弹道实验技术和计算机的迅速发展，实验弹道学和计算弹道学也发展成为高射炮弹道学的分支学科。

（王 涛）

gaoshepao zhuangbei jishu baozhang

高射炮装备技术保障 (technical support for antiaircraft gun equipment) 保障高射炮武器装备处于良好状态的各项技术措施。主要包括维护、检查、修理和器材筹措、供应等。全面及时地实施高射炮武器系统技术保障，对保持高射炮武器系统处于良好状态具有重要作用。

维护 包括对高射炮武器系统进行清洁擦拭、除锈补漆、去尘除污、涂油、调整紧固、精度检查校准，补充消耗器材，更换超过工作时限的零件，排除小故障等。目的是减少高射炮装备过早磨损或损坏，消除故障隐患。一般分为贮存时维护和使用中维护。使用中维护包括日常维护、定期维护和不定期维护。

检查 主要是检测高射炮武器系统在各种状态下的技术状况和可靠程度，采取感官判定，或使用量具、仪表及其他专用设备进行测试。包括定期检查和不定期检查。定期检查分为日、周、月、季度和年度检查；不定期检查包括使用前检查、使用后检查及技术性能和使用情况检查等。使用前检查是为了确定高射炮武器系统能否投入作战训练；使用后检查是为了掌握高射炮武器系统的磨损、消耗或故障情况；技术性能和使用情况检查是为了了解高射炮武器系统作战能力和维修管理情况。检查一般由装备管理部门、修理部门和使用分队或维修分队组织实施。检查后，要对高射炮武器系统技术状况进行分析，提出继续使用、维修或转级的处理意见，并正确填写检查登记。

修理 将使用达到规定时限或受损伤、有故障的高射炮武器系统恢复到规定状态的技术活动。根据使用期限、修理内容和技术复杂程度，分为小修、中修、大修。①小修。按高射炮武器系统完整状态下技术数据标准，使用部队修理设备和配发的维修器材，排除故障和修复轻微的损坏所进行的修理。一般由高射炮部队技术人员负责。②中修。高射炮武器系统主要机构的技术性能降低或遭到中等程度损坏，不适于作战、训练使用，需要进行较全面检查、校验、翻新或更换部分主要机件，恢复其应有的技术性能所进行的修理。一般在具有相应技术力量和有修理条件的单位进行。③大修。高射炮武器系统使用到规定的修理周期或有严重损坏时，根据大修技术标准进行全面检查、校验，彻底翻修或更换工艺复杂的机件所进行的修理。一般由工厂承担。

器材筹措、供应 组织实施高射炮武器系统零部件的筹措、储备、补给和保管的全部活动。在装备部门统一计划下，采用科学合理的供应形式和方法，按质、按量、及时、准确地做好高射炮武器系统元器件、油料、弹药和维修器材等的供应，保障部队作战训练的需要。

发展趋势 高射炮武器装备技术保障的体制、方式和手段将有新的发展。以换件修理为主，提高战场抢修速度，迅速恢复战斗力；采用新型嵌入式故障自检，不解体在线检测等自动化检测设备，使检测手段逐步向自动化方向发展。

（刘昌满）

59 shi 57 haomi qianyinshi gaoshepao wuqi xitong

59式57毫米牵引式高射炮武器系统 (Type 59 57mm towed antiaircraft gun weapon system) 中国仿制改进的一种牵引式小口径高射炮武器系统(见图)。由6～8门高射炮、1部指挥仪、1部炮瞄雷达、电源站及配套的弹药组成。具有射击空域大、精度高、火力猛、弹丸威力较大等特点，但火力机动性和运行机动性较差。主要用于要地防空和野战防空。



中国59式57毫米牵引式高射炮

主要战术技术性能：有效射高5千米，有效射程6千米，标准或表定初速960米/秒，最大射速105～120发/分；火控系统为3米光学测距机的6型机电式指挥仪和双波段隐蔽锥扫式瞄－5雷达，自动跟踪距离不小于35千米。具有全天候作战能力和一定的抗干扰、抗反辐射导弹能力。

1956年，开始仿制苏联的C－60型57毫米高射炮、COH－9炮瞄雷达和ПУA 30－619型指挥仪。火炮最大斜距由4.8千米提高到5.5千米，最大航速装定由240米/秒提高到350米/秒。改进供弹装置，增加电发火装置，使火力更猛。最小高低射角由－2°扩至－5°等。20世纪60年代装备部队。此后，火炮指挥仪经多次改进，提高了自动化程度和可靠性，并自行研制瞄－5、瞄－10B炮瞄雷达，使电子对抗能力有较大提高。（李承统 贺 飞）

59 shi 100 haomi qianyinshi gaoshepao wuqi xitong

59式100毫米牵引式高射炮武器系统 (Type 59 100mm towed antiaircraft gun weapon system) 中国仿制改进的一种牵引式中口径高射炮武器系统（见图）。由6～8门高射炮、1部6型指挥仪、1部瞄－3型炮瞄雷达、2部电源站和配套的弹药组成。具有射击空域大、精度高、火力猛、弹丸威力大等特点，但机动性差、弹丸飞行时间长，对机动目标射击效果差。主要用于要地防空。

主要战术技术性能 有效射高12千米，有效射程12.6千米，最大初速900米/秒，射速15发/分；雷达采用圆锥扫描体制，



中国59式100毫米牵引式高射炮

可跳频反干扰，自动跟踪距离不小于35千米；指挥仪为机电解算式，并装有3米光学测距机。系统具有全天候作战能力和一定的抗干扰、抗反辐射导弹能力。

1956年，开始仿制苏联的KC−19型100毫米高射炮、СОН−9炮瞄雷达和ПУА 30−619型指挥仪。20世纪60年代装备部队。此后，火炮、指挥仪经多次改进，提高了自动化程度和可靠性。同时，自行研制双波段、隐蔽锥扫体制的瞄−5雷达和全相参、单脉冲、捷变频、脉冲压缩、自适应动目标跟踪体制的双波段瞄−12雷达，辅以电视跟踪仪、激光测距机并与数字式指挥仪合为一体构成火控系统，电子对抗能力有很大提高。

（李承统　贺　飞）

PG99 shi 35 haomi shuangguan qianyinshi gaoshepao wuqi xitong

PG99式35毫米双管牵引式高射炮武器系统 (Type PG99 35mm dual mount towed antiaircraft gun weapon system) 中国仿制改进的一种牵引式小口径高射炮武器系统（见图）。1988年引进瑞士KLMS高射炮系统，1993年开始仿制，1999年定型并装备部队。由2门35毫米双管高射炮、一部复合火控系统和一部电源站组成。具有反应速度快、抗干扰能力强、跟踪精度高和作战效能高等特点。主要用于抗击低空、超低空进袭的战斗机、直升机和巡航导弹。

主要战术技术性能：有效射高3千米，有效射程4千米，初速1 175米／秒，射速2×550发／分，方位转速120°／秒，高低转速60°／秒；配有爆破燃烧榴弹、穿甲弹、近炸引信预制破片弹等；搜索雷达工作于X波段，水平或圆极化、全相参、捷变频、脉冲多普勒、边搜索边跟踪、动目标显示体制，作用距离18千米，目标容量8批，数据率60个／分；双波段炮瞄雷达工作于X、Ka波段，卡塞格伦天线，单脉冲、脉冲多普勒体制，最大跟踪距离大于13千米，跟踪精度小于0.6密位，方位调转速度2 250密位／秒，方位跟踪速度140密位/秒；电视跟踪仪最大跟踪距离10千米，激光测量距离6千米；数字式火控计算机反应时间4.6秒，控制处理计算机与系统主计算机相结合，是一部多传感器集成，采用数据融合技术的现代防空火控系统。除同时完成解算2门炮的射击诸元，实现交会射击和大闭环校正外，还具有多种工作模式，自动切换及控制边搜索边跟踪方式，进行目标威胁判断等，并留有控制所配防空导弹的接口。



中国PG99式35毫米双管牵引式高射炮

（李承统　贺　飞）

PGZ95 shi 25 haomi 4 guan zixingshi gaoshepao wuqi xitong

PGZ95式25毫米4管自行式高射炮武器系统 (Type PGZ95 25mm quadruple mount self-propelled antiaircraft gun weapon system) 中国自行研制生产的一种高机动小口径自行式高射炮武器系统（见图）。由6部自行高射炮战车、3部弹药车、1部连指挥车、1部电源车、1部检测车和模拟训练器组成。履带式高射炮战车上装有95式25毫米4管高射炮、光电火控系统、电视跟踪仪、红外成像仪、激光测距机和火控计算机、S波段搜索雷达和1 000发炮弹。



中国PGZ95式25毫米4管自行式高射炮战车

主要战术技术性能：有效射高2千米，有效射程3.2千米，初速1 050米／秒，射速4×（700～800）发／分；光电火控系统自动跟踪距离大于5千米，测距精度5米，测角精度小于2密位；搜索雷达天线转速60转／分，可同时跟踪3批目标，最大发现距离11千米，探测高度50～2 000米，地物杂波改善因子大于50分贝。系统反应时间11秒。

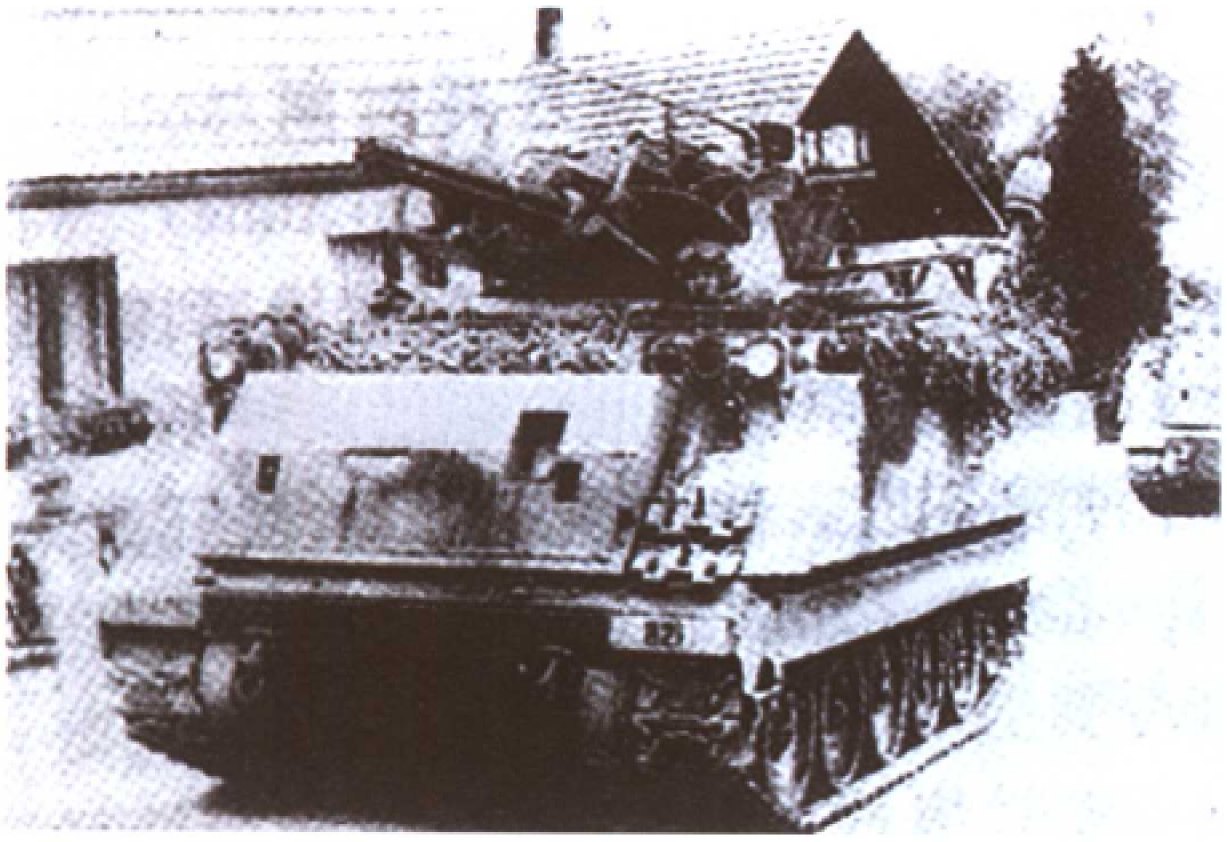
连指挥车是全连信息综合处理和指挥中心，由目标指示雷达、数据处理系统、通信指挥系统、导航定位系统、供电系统及轮式载车组成。目标指示雷达为S波段、全固态、全相参、脉冲压缩、脉冲多普勒体制，最大发现距离大于45千米，覆盖高度3.5千米，可边搜索边跟踪30批目标。弹药车携弹量2 030发，能直接向25毫米高射炮塔内弹箱装弹，装满弹药的时间少于20分钟。

1984年开始研制，1996年定型，1997

年装备部队。（李承统 贺 飞）

M-163 shi 20 haomi Fuerkang zixingshi gaoshepao wuqi xitong

M–163式20毫米“伏尔康”自行式高射炮武器系统（Type M-163 20mm Vulcan self-propelled antiaircraft gun weapon system） 美国研制的一种自行式高射炮武器系统（见图）。简称“伏尔康”20毫米自行高射炮。通常与“小檞树”地空导弹混合配置，协同对空作战。由火炮、火控系统、底盘和弹药等组成。



美国M－163式20毫米“伏尔康”自行式高射炮武器系统

主要战术技术性能：有效射高900米，有效射程1.65千米，最大初速1 030米/秒，高低射界－5°～＋85°，高低瞄准速度45°/秒、方向瞄准速度60°/秒，高低、方向瞄准加速度均为160°/秒，理论射速3 000发/分；基本携弹量2 100发；雷达工作于X波段，作用距离5千米；乘员4人。还具有水面运行能力。

火炮由20毫米6管航炮改进而成。采用电击发装置，射击时由凸轮控制6个身管高速旋转，共用1个无弹链供弹系统。火控系统由AN/VPS–2型相参脉冲多普勒炮瞄雷达和微光夜视仪、M61型陀螺稳定和提前量计算的光学瞄准具组成。底盘由装甲输送车改制而成，顶部及前半部敞开，炮塔及其他部位的护甲均为铝合金。配用弹药有曳光穿甲弹、燃烧榴弹、带自炸装置的曳光燃烧榴弹和练习弹。

1964年开始研制，1969年装备部队。

（李承统 贺 飞）

Bofusibofei 40 haomi qianyinshi gaoshepao wuqi xitong

“博福斯博菲”40毫米牵引式高射炮武器系统（Bofos 40mm BOFI towed antiaircraft gun weapon system） 瑞典研制的一种牵引式高射炮武器系统（见图）。由火炮、光电火控系统、炮瞄雷达等组成。火炮选用改进的L/70式40毫米火炮，射速提高到300发/分，弹药架容量增加到96发，供弹槽装弹量增加到26发。光电火控系统由光学瞄准镜、微光夜视瞄准镜、激光测距机和数模混合式火控计算机等组成。炮瞄雷达为9LV200的改进型(Ku波段，单脉冲、捷变频，圆极化卡塞格伦天线，峰值功率65千瓦，脉冲宽度0.2微秒，距离精度10米，角精度约0.03°)。系统采用一体化配置。配用弹药有榴弹、穿甲弹、脱壳穿甲弹、练习弹、近炸引信预制破片弹和薄壁榴弹。有效射高3千米，有效射程3.7千米，理论射速300发/分，系统角精度3毫弧度，弹药基本携行量122发。该系统具有性能可靠，操作人员少（1～3名）等优点。



瑞典“博福斯博菲”40毫米牵引式高射炮武器系统

晴天候型（配光电火控系统）于1976年开始生产。全天候型（增配炮瞄雷达）于1979年开始生产。

（李承统 贺 飞）

空降技术

kongjiang jishu

空降技术（airborne technology） 应用于空降装备研制和使用技术的总称。军事技术的组成部分。保障空降作战、训练的基本手段，空降兵战斗力的要素之一。具有专业性强、知识密集等特点。与航空、纺织、机械制造、自动控制等技术密切相关。

主要内容 包括跳伞技术、空投技术和机降技术。

跳伞技术 降落伞的研制和使用技术。①降落伞的研制技术。主要运用空气动力学原理，通过使用不同的纺织材料和改变伞的结构等方法不断优化伞的性能。随着军事工业的不断发展和纺织技术的不断提高，降落伞作为一种空中稳定减速器，其性能也得到了不断的改进，由早期切去四角的方形伞发展为圆形伞，进而发展到锥形伞、多缝圆形伞，后来又一改以往主要靠空气阻力减速下降而研制出主要靠“翼形”升力原理减速下降的翼型降落伞。降落伞问世后，其研制技术在20世纪得到很快发展，大致分为3个阶段：第1阶段(50年代)，降落伞使用的纺织材料主要是棉、麻类天然纤维材料。伞衣为109本色细平布，伞绳采用4.4～125棉绳。伞形以方形为主。第2阶段(60年代中期至70年代)，降落伞开始使用锦丝纺织材料制作，锦丝纺织材料具有强力高、柔软而富有弹性、不霉变、不虫蛀、耐化学药品等特性，从而使伞衣面积缩小、重量减轻、强力提高，伞形也由方形发展为圆形，降落伞的性能有了质的飞跃。第3阶段(80年代以后)，高强力锦丝纺织材料的出现并在降落伞上的应用，使降落伞的体积、面积缩小，重量减轻，开伞过载减小，载重量增加，操作性能提高和寿命延长，在保证强力的情况下，提高了伞的低空开伞性能。锦丝纺织材料的轧光和热定形整理工艺，使织物透气量减小，满足了伞形改变的要求，高性能翼型伞亦随之出现。②降落伞的使用技术。降落伞按用途分为人用伞和物用伞。人

用伞使用前，要认真检查和折叠。人员跳伞前，应调整好座带长短，按要求披挂。离机前，将座带推到适当位置；离机后，默数秒数，在规定的时间打开降落伞。降落伞张开后，检查伞衣、伞绳，确定降落伞张开正常后，拉下一侧操纵棒转向，寻找并面向着陆中心点，根据所处的位置，拉前(或后)操纵带加速(或减速)。如遇上升气流，拉下一侧操纵带侧滑。着陆前，两腿并紧，根据地面风的大小取适当角度，调整到顺风(翼型伞则调整到逆风)着陆。着陆后，迅速收回贴近地面的伞绳，避免降落伞兜风，防止拖拉。物用伞使用时，一般将降落伞捆绑在空投物上面的中心位置，并与整个空投系统紧密相连，特别注意安装好开伞装置和脱离装置，必要时安装遥控装置。

随着新材料、新技术、新工艺在降落伞的应用，在降落伞的研制和使用技术方面，微透气量纺织伞衣材料的应用技术、降落伞的连动技术、二级开伞技术、可变伞顶孔技术、翼型降落伞技术、低空降落伞和高空降落伞技术等将得到发展。

空投技术　空投专用的降落伞、空投货台、空投集装箱/网、空投传递装置、空投缓冲装置、空投脱离装置等装备的研制和使用技术。空投使用的降落伞是在人用伞的基础上，根据空投物的大小、形状、性能等进行设计的专用伞，如投物伞、回收伞等；空投货台是用于承托装备物资的平台，使用空投货台，便于空投物的装卸、空投，有利于安全着陆，其设计运用了解锁、系留、缓冲、防翻等技术；空投集装箱(网)根据空投物的体积、形状和性能等进行设计，主要运用了缓冲和系留技术；空投传递装置用于承托和传送空投装备物资，其研制主要运用了电气控制、机械运动等原理；空投缓冲装置主要用于减缓空投物的着陆冲击力，主要有填充式、机械式、气囊式、火箭制动4种；空投脱离装置是用于空投物与降落伞系统之间连接和脱离的专用装置，使用空投脱离装置，可以解决空投物着陆瞬间,与降落伞系统快速脱离的问题，主要有机械式、电爆式、可熔式、气压式、油压式等。空投装备的使用技术，主要包括重力空投、机械空投、牵引空投技术,连投技术、可控空投技术、着陆缓冲技术等。随着航空技术在空降领域的广泛应用，空投装备将向系统化、通用化和智能化方向发展，空投将增加一次空投的件数和重量，进一步改善连投技术，向超低空空投方向发展。

机降技术　机降专用的空中输送工具、装(卸)载设备、系留(吊挂)装置、脱离系统等装置的研制和使用技术。具有涉及对象多、门类多、且相互关联等特点。通过采用计算机模拟、仿真试验、实地检验等方法，对机降装置进行研制开发，使各种机降装置之间相互融合，技术更加成熟。

机降装置的使用，分为人员机降和装备物资机降。人员机降时，应按顺序登机，坐于安全座椅上，系好安全带，视情佩戴吸氧设备；飞机着陆后，依次下机。装备物资机降时，使用上下机垂直航吊、上下机货桥、水平绞车等专用设备进行装卸；货物装机后，用系留钢索、系留带固定好；飞行中，不要大坡度起降和急转弯，以免发生位移。

机降按机种可分为运输机机降、直升机机降和特种机机降。随着科学技术的发展，机降技术将向快速、多样方向发展。其中悬停机降技术，是空降特种分队利用直升机空中悬停的性能，在机上用绳索、绳梯或跳下的方式进行的空降，为在飞机不易着陆的复杂环境下执行任务提供了条件；动力飞行伞技术的发展，为空降特种分队执行破袭、侦察及其他特殊空降任务，快打快撤，跳跃作战提供了新型航空器；吊挂技术在机降中的应用，缩短了直升机在机降场的停留时间，提高了直升机在战时的生存和活动能力，可将空运的部队和技术装备精确、迅速地机降于未构筑的空降场，为空降兵顺利完成作战任务提供了良好条件。

历史沿革　据中国司马迁(公元前145～前86年)所著的《史记·五帝本纪》中记载，舜利用两个斗笠，从着火的仓廪上跳下，安全落地，说明当时已有人懂得利用空气阻力使物体从空中减速下降的道理。12世纪，中国已有人用两把带柄的伞从高塔“跳伞”成功的记载。14世纪，中国杂技艺人用类似降落伞的装置作“跳伞”表演。清朝康熙年间，大约公元1662年前后，中国杂技艺人曾到暹罗(今泰国)给贵族表演过利用空气阻力的原理从高处跳下安全着陆的节目，这种技能后来被法国传教士弗逊传到了欧洲。气球和飞机的出现，进一步促进了空降技术的发展。

具有实际使用价值的空降装备出现以后，立即引起许多国家的关注。一些国家竞相投入人力、物力，加强对空降技术的研究、试验和改进。第一次世界大战期间，一些国家用飞机对小型装备和物资实施空投，在战争后期又应用降落伞为飞行人员救生，有800多名飞行人员依靠降落伞挽救了生命。20世纪30年代，苏联、德国、法国、意大利相继组建空降兵部队。第二次世界大战期间，更多的国家组建空降兵部队，采用空降技术进行装备和物资的空投，并进行不同规模的空降作战100余次。战后，空降技术获得长足发展。60年代，空降技术被扩展应用于航天飞行员救生和航天器回收。随着新材料、新技术、新工艺在空降装备上的应用，空降技术已形成了一个完整的体系。

中华人民共和国建立之初，中国人民解放军从陆军中抽调一批战斗骨干和英模集体，于1950年7月在空军组建空降兵部队。空降兵部队的组建，使空降技术在中国迅速发展，被广泛应用于空降训练、航空救生、航天器回收、抢险救灾和跳伞运动。

发展趋势　伴随科学技术的发展，空降技术将与航天技术、新材料技术、信息技术、机械制造技术等互相促进，朝着综合化、高速化、智能化、一体化和安全可靠、方便快捷的方向发展。

（蒋年平　张书耕）

kongjiang

空降　(airborne landing)　由航空器输送的人员或装备、物资，从空中降落到地面的行动。空降主要用于作战、航空救生、抢险救灾、航空娱乐和商务活动。包括伞降、机降、空投。

伞降　人员或装备、物资使用降落伞从空中降落于地面的行动。人员伞降称为跳伞。装备、物资伞降称为带伞空投。其中，跳伞按性质通常分为战斗跳伞、训练跳伞、任务跳伞、被迫跳伞等。按降落点的自然地理条件，还可分为山地、森林地、水网稻田地、炎热地区、寒区、水上、高原跳伞等。战斗跳



伞 降　　卢炳广摄

伞是空降兵遂行战斗任务时进行的跳伞。训练跳伞是空降兵为掌握和提高跳伞技能进行的训练活动。任务跳伞是除战斗、训练跳伞以外，执行其他专项任务的跳伞。

机降　用航空器装载人员、装备、物资直接（或间接）降落于地面的空降行动。特点是集结和进入战斗的时间比伞降短，更利于达成战斗的突然性。按使用的航空器类别，分为运输机机降、直升机机降和特种机机降。机降可以减小时间和空间的限制，使机降人员得以越过地形障碍，绕过敌方占领的地域，攻击、消灭或夺取敌方纵深的重要目标。实施机降时，空降地域应满足航空器着陆标准。民间商务机降称为航空运输。

空投　用航空器将装备、物资从空中投送到指定地点的方法。是空降作战、训练、试验、抢险救灾以及紧急情况下后续补给物资的重要手段。分为带伞空投和不带伞空投。带伞空投可减缓空投物在空中的下降速度，保证空投武器装备的精良度和降低空投物资的损坏率。随着科学技术的发展，不带伞空投、地面遥控空投、自动寻的空投等广泛应用于空降领域，特别是不带伞空投，受风向、风速影响小，空投散布面积小，空投准备时间短，提高了航空器的使用效率。

空降始于第一次世界大战中期。第二次世界大战中，空降迅速发展。随着航空装备和空降技术的不断发展，空降方式将更加多样化，使用范围更加广泛。

（张书耕）

jiangluosan

降落伞　(parachute)　利用空气阻力使人或物从空中安全降落到地面的乘载工具。广泛应用于空降兵作战和训练、航天航空人员救生、跳伞运动、装备物资空投、飞行器和重要设备回收等。

降落伞按其用途，分为人用伞、物用伞和专用伞。①人用伞。包括空降兵作战、训练使用的伞兵伞，飞行员在飞机失事时使用的救生伞，运动员从事体育运动使用的运动伞。此外，还有与不同类型的伞兵伞、运动伞配套使用的备份伞。根据披挂于人体的位置，分为背式伞、胸式伞和坐式伞。通常用背式伞作主伞，胸式伞作备份伞。主伞通常由引导伞、伞衣、伞绳、背带（吊挂）系统、伞包、开伞设备等组成。根据伞衣结构，有方



降落伞　　卢炳广摄

形伞、圆形伞、双锥形伞、三圆伞、翼型伞等。备份伞结构与主伞基本相同，伞衣一般为圆型，面积较小，与主伞背伞系统连接使用。②物用伞。包括用于空投装备和物资的投物伞，用于回收人造卫星、无人驾驶飞机和重要设备的回收伞，飞机着陆时使用的阻力伞，还有航弹伞、布雷伞等。③专用伞。是某些特殊活动的专门用伞。包括山坡滑翔伞、牵引升空伞、动力翼伞等。专用伞的工作方式与传统降落伞不尽相同。

据中国《史记》记载，舜利用两个斗笠，从着火的仓廪上跳下，安全落地，说明当时人们已懂得利用空气阻力减小物体从空中降落速度的道理。14世纪中国杂技艺人用类似降落伞的装置作“跳伞”表演。15世纪意大利著名艺术家达·芬奇画了一个锥形降落伞草图，并作了说明。气球的出现，促进了降落伞的发展。1783年，法国人L.S.勒诺芒研制出带刚性骨架的降落伞。1797年，法国人A.J.加尔纳兰用降落伞从气球上跳伞成功。20世纪初期，欧美一些国家先后发明能折叠在伞包里、可由跳伞员手控打开的降落伞。1912年，美国人A.贝利第一次从飞机上跳伞成功。降落伞最初主要用于航空气球和飞机救生。第二次世界大战中广泛用于空降作战。60年代，开始用于航天员救生和航天器回收。随着航空航天事业的不断发展，降落伞的使用范围将日益广泛，其性能将朝着重量轻、体积小、载重量大、安全系数高、操作方便和便于普及的方向发展。

（杨　涛　张书耕）

sanbingsan

伞兵伞　(troop parachute)　空降兵跳伞使用的降落伞。包括主伞和备份伞。正常使用的是主伞，备份伞供应急使用。主伞由引导伞、伞衣、伞绳、背带系统、伞包和开伞设备等组成。通常主伞最大安全载荷量为120千克，下降速度不超过5米/秒。伞兵伞按跳伞高度，可分为高空伞和低空伞；按工作程序，可分为一级开伞伞和二级开伞伞。伞兵伞最早为方形伞，特点是阻力系数大，稳定性好，开伞动载小，但伞衣受力不均匀，结构不合理，伞衣易被伞绳抽打灼伤。在方形伞的基础上研制出的圆形伞，其性能优于方形伞。随着降落伞技术的发展，伞兵伞逐步发展为双锥形伞和翼型伞。双锥形伞适应机速范围大，抗风能力强，为空降兵部队集群跳伞提供了方便。翼型伞具有面积小，载重比、滑翔比大的特点，加装动力后，可作平飞及上升飞行，主要用于执行特殊任务。随着高新技术的发展，伞兵伞将朝着重量轻、面积小、操纵灵活、安全性高的方向发展。

（汤旺成）

dikong sanbingsan

低空伞兵伞 (low-altitude troop parachute) 空降兵实施低空跳伞时使用的降落伞。分为单伞衣和多伞衣两种。具有重量轻，开伞性能好，着陆冲击力小，背挂方便，伞与人脱离迅速等特点。使用低空伞兵伞，留空时间短、着陆散布面积小，便于达成空降的突然性。使用低空伞兵伞不必配备份伞。中国制造的伞兵-10型低空伞兵伞，适应机速180～300千米/时，跳伞最低安全高度为80米，伞的稳定下降时间为10秒左右，在跳伞总重量不超过120千克的条件下，下降速度不大于5米/秒。



低空伞兵伞 卢炳广摄

（汤旺成）

beifensan

备份伞 (spare parachute) 跳伞人员的备用降落伞。在主伞失效时或特殊情况下使用备份伞，增大了跳伞人员的安全系数。由伞衣、伞绳、操纵带、伞包、开伞部件等组成。按伞形，分为圆形和翼型两类。其中圆形，又分为平面圆形、圆锥形等。备份伞一般通过活动连结装置与主伞背带系统相连，位于跳伞人员胸部或背部。随着降落伞技术的发展，降落伞的可靠性普遍提高，出现失效或工作不正常的现象大为减少，备份伞实际使用机会不多。但为了确保跳伞人员安全，进行跳伞训练或空降作战，仍配备备份伞，以防发生意外情况。在跳伞人员携带较重器材、在特殊地形上跳伞或因开伞空中受伤，为减小着陆冲击力，保证着陆安全，亦应打开备份伞。备份伞单独使用后应报废；开双伞跳伞后，仍可再次使用。

（汤旺成）

touwusan

投物伞 (cargo parachute) 用于空投装备、物资的降落伞。主要应用于训练、作战以及抢险救灾。按投物伞形状，分为方形、圆形、锥形和翼型投物伞；按空投高度，分为高空、中空、低空投物伞；按空投重量，分为小型、中型、大型投物伞。投物伞通常由开伞装置、引导伞、主伞、吊挂系统和捆绑带等组成。其中大型投物伞的结构比较复杂，主伞系统需与牵引伞、空投货台、系留装置、脱离装置(牵引锁及开锁机构、着陆脱离锁)、着陆缓冲装置、防翻装置等组件配套使用。投物伞的伞衣面积由数十平方米到数百平方米，可用以空投数十千克到数十吨的装备、物资。带伞空投的最低安全高度在150～600米，下降速度不大于8米/秒。由于空投物的运载及空投方法不同，投物伞的设计及使用也不尽相同。



投物伞 卢炳广摄

（汤旺成）

huishousan

回收伞 (recovery parachute) 用于回收飞行器和重要设备的降落伞。主要包括回收卫星、导弹、运载火箭、无人驾驶飞机和靶机等。具有减速效果好、稳定性能强和工作可靠等特点。按使用高度，分为高空回收伞和低空回收伞；按回收对象，分为无人驾驶飞机回收伞、导弹回收伞、高空探测器回收伞、宇宙飞船回收伞等。通常由减速伞、主伞及悬挂带组成。其中，导弹回收伞与无人驾驶飞机回收伞设计要求比较接近，结构上采用减速伞和主伞两个回收系统。高空探测器回收伞由稳定伞(减速伞)、主伞及开伞装置等组成。随着航天、航空技术的发展，回收伞在飞行器和重要设备回收方面的应用将越来越广泛。

（汤旺成）

yundongsan

运动伞 (sport parachute) 用于跳伞员比赛、表演的降落伞。具有开伞简便、操纵灵活、着陆轻巧、在特技翻滚状态下开伞安全可靠等特点。包括开缝伞、翼型伞、山坡滑翔伞、动力伞等。按伞的形状，分为切角平面方形伞、圆形伞、蝶形伞、单龙骨翼伞、双龙骨翼伞及冲压式翼伞等；按开伞方法，分为绳拉开伞、手拉开伞和自动开伞等。运动伞由引导伞、伞衣套、伞绳、伞衣、伞包、背带系统、开伞部件等组成。在载重120千克的情况下，垂直下降速度约6米/秒。



运动伞 张广运摄

（汤旺成）

dongli feixingsan

动力飞行伞 (paramotor) 在冲压式翼型伞上加装动力设备的伞。由翼面、立体支架、推进装置及操纵系统等组成。兼有降落伞和超轻型飞机的功能，具有体积小、重量轻、起降简便、操纵灵活、机动性强等特点。按翼面形状，分为三角



动力飞行伞 马广杰摄

翼动力翼型伞和冲压式动力翼型伞两类；按乘坐方式，分为背式和坐式两种。使用时，吊挂的人和重物从地面缓缓上升到空中，滑翔时减速或发动机停止工作，使冲压式翼型伞处于负仰角，即升力小于重力，使人及重物从空中降到地面。通常用于军事侦察、特种作战，还可用于地质勘探、野外救护、喷洒农药、森林播种、商业广告、体育表演等多种作业。 （汤旺成）

qianyin shengkongsan

牵引升空伞 (extraction parachute) 跳伞人员在牵引升空跳伞训练时使用的专用伞。供初学跳伞人员进行降落伞空中操纵动作和着陆动作训练使用。具有性能稳定、安全可靠等特点。由降落伞系统、牵引系统和其他保障器件等组成，其中降落伞系统主要包括伞衣、伞绳、操纵带、背带以及脱离抛伞装置和牵引绳等。牵引升空方式有绞盘车牵引、汽车牵引和汽艇牵引。训练时，受训者佩挂好升空伞后，在撑伞员的帮助下，由牵引系统牵引升空，达到预定的高度(一般为200米以上)后，抛脱牵引绳，乘伞下降，完成预定的降落伞操纵和着陆动作。 （汤旺成）

yixingsan

翼型伞 (airfoil parachute) 具有升力、形似鸟翼的降落伞。亦称翼伞。具有重量轻、体积小、操纵灵活、水平运动速度大、着陆轻巧等特点。可供具有一定经验的跳伞员使用，主要用于特种部队和侦察小分队快速隐蔽空降。分为单层软翼、单层半软翼及双层冲压式等类型。由翼面、伞绳、背带系统及辅助装置组成。翼型伞在使用中，依靠下降时在伞翼底



翼型伞 卢炳广摄

面产生的水平分力获得较大的水平速度，同时，又依靠翼面上下气流的压力差获得较大的升力。

1954年，法国人D.C.贾必特借鉴风筝、气球在空中悬垂的原理，发明了冲压式翼型伞。在研制过程中，伞的裁剪、缝制、充气加压和肋片成形等，应用了流线型气稳定面技术，下表面的三角幅也借鉴了流线型气球的悬垂幅。冲压式翼型伞的出现推动了翼型伞技术的发展。中国于70年代发展翼型伞技术，丰富了降落伞理论、拓宽了降落伞的应用领域。翼型伞不仅用于空降作战、训练、比赛，而且还用于航天器回收等科研领域。随着科学技术的发展，翼型伞的功能将不断完善，操纵和使用更趋于智能化。

（汤旺成）

yisan

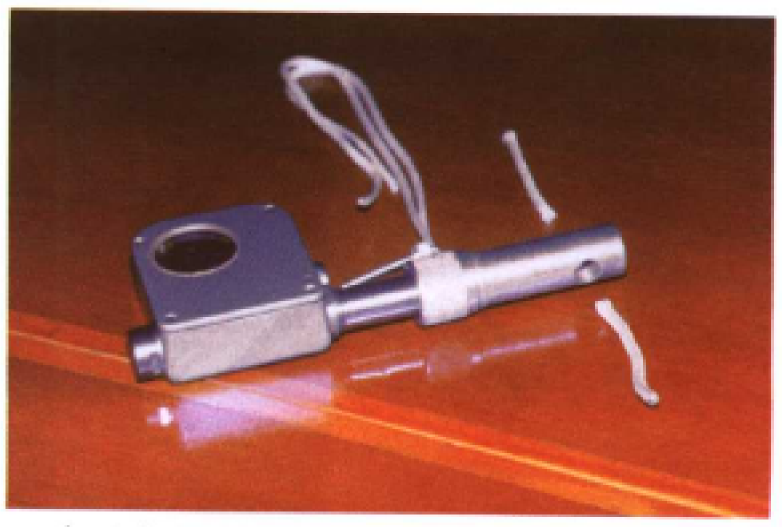
翼伞 (airfoil parachute) 见翼型伞。

kaisan zhuangzhi

开伞装置 (opening device) 用于打开伞包、启动降落伞系统工作部件的统称。按开伞方式，分为绳拉、手拉、自动和射伞装置。①绳拉开伞装置。利用航空器与载荷体(人或物)之间的相对运动所产生的拉力，打开伞包或拉出伞系统，通常用于伞兵伞和一般投物伞。开伞拉绳由锦丝绳(带)、锁针(封包绳)、弹簧钩组成。②手拉开伞装置。跳伞员离机后，利用手臂的力量拉出拉环，打开伞包，启动伞系统工作。由拉环框、钢丝绳、钢丝帽及锁针组成。③自动开伞装置。利用降落伞自身的控制机构，自动解除伞包封包，打开伞包，实现开伞。常用的自动开伞装置有高度、时间组合式开伞器，速度控制开伞器，过载控制开伞器及零秒开伞器等。后两种开伞器主要用于救生伞。④射伞装置。利用火药燃烧产生的高压气体能量，打开伞包或拉出伞系统的开伞装置。由射伞枪、射伞筒、射伞袋及牵引火箭等组成。具有拉出、拉直系统力量大，速度快，不易受周围气流干扰，开伞可靠等特点。 （汤旺成）

jiangluosan qiegeqi

降落伞切割器 (parachute cutter) 降落伞多级开伞程序中的收口解除装置。为改善开伞性能，大、中型投物伞通常利用收口技术，采取多级开伞方式，以减小开伞过载。即主伞拉直后，先部分充气呈“灯泡”状，经过预定时间后，切割器切断降落伞收口绳，使主伞完全充气张满。分为火控式和机械式两种。火控式切割器为一次性使用，在主伞拉直瞬间，拉出插销，压缩的弹簧将撞针弹出，撞针击发火帽点燃延时药，经过



降落伞切割器 马广杰摄

预定时间，延时药燃烧结束后点燃抛射药，产生高压气体，推动切割刀，将收口绳切断，也可以利用火药燃气直接熔断收口绳。机械式切割器可多次使用，在主伞拉直瞬间，拉出软锁针，钟表机构开始工作，经过预定时间，解除对弹簧的限制，利用弹簧产生的动力推动切割刀，切断收口绳。

（吴 祥）

jijiang zhuangzhi
机降装置 (airlanding equipment) 用于保障人员和装备、物资安全机降的设备。分为运输机机降装置和直升机机降装置。运输机机降人员的装置包括安全座椅、安全系留带、飞机供氧系统、人员吸氧设备等；机降装备、物资的装置包括上下机垂直航吊、水平绞车、系留钢索、系留带、上下机货桥以及其他辅助器材。直升机机降人员的装置包括安全座椅、安全系留带、软梯等；机降装备、物资的装置包括吊绳、钢索等外吊设备。

（李 勇）

kongtou zhuangbei
空投装备 (airdrop equipment) 用于空投装备和物资的各种设备、器材的统称。主要包括投物伞、空投货台、空投集装箱/网、空投传递装置、空投缓冲装置、空投脱离装置、空投防翻装置等。

第二次世界大战期间，实施空投主要使用小型降落伞、投物袋等，空投重量通常为120千克左右。战后，随着军用运输机的发展，空投装备逐步完善，空投重量根据需要可从数十千克到数十吨，从小型武器装备到大型车辆、火炮、重型坦克。例如，俄罗斯联邦的П－16空投货台，空投重量达到21 000千克；П Б С －915无货台空投系统(简称“舍利夫”系统)实现了战斗车辆的载人空投。一些国家将翼型伞技术、无线电技术应用于空投装备，研制的自动寻的空投系统和地面遥控空投系统，可将空投物准确投送到指定着陆点。超低空空投系统可在飞机飞行高度3～10米的条件下实施空投。中华人民共和国建立后，中国人民解放军的空投装备有了长足的进步，根据需要研制生产了多种型号的空投系统，一些空投装备的性能达到国际先进水平，遥控投物翼型伞已装备部队使用，可以完成精确定点空投。

（吴 祥）


空投装备 吴 祥摄

kongtou huotai
空投货台 (airdrop platform) 空投时用于承托装备和物资的平台。简称货台。空投系统的组成部分。按外形，分为龙门架式和平板式；按结构，分为梁式和桁架式，还有整体的和组合式的；按承载重量，分为小型、中型和大型3种。小型和中型空投货台通常由平面骨架和板件、系留环、锁块、导向零件及主伞吊挂环等组成。大型空投货台还装有牵引锁、缓冲装置、着陆防翻装置等。小型空投货台适用于人工空投和机械空投，中型空投货台适用于重力机械空投和重力空投，大型空投货台适用于牵引空投。

（吴 祥）


空投货台 卢炳广摄

kongtou jizhuangxiang/wang
空投集装箱／网 (airdrop container/web) 空投时用于载运装备、物资的标准化容器。空投集装箱通常由金属框架、玻璃钢板材及连接件组成。根据需要箱内可装填缓冲材料，以减小着陆冲击力；箱体安装可拆卸的行走装置，便于着陆后的收集与运输，主要用于空投小型武器装备及其弹药等。空投集装网是由锦纶丝带和紧带器组成的网状空投器材，通常与投物伞配套使用，主要适合于空投重量为500～700千克的武器装备和物资器材等，还可用集装网将空投物固定在空投货台上，具有结构简单，用途广泛等特点。（吴 祥）

kongtou chuandi zhuangzhi
空投传递装置 (airdrop transmission gear) 用于承托和传送空投装备、物资的机载设备。由电气控制系统、机械滑轨、滚棒系统等组成。电气控制系统主要用于机械空投，使用机载专用的动力设备，控制机内传送带移动，将货台连同货物系统移到舱门投出。通常可空投中、小件物资。机械滑轨或滚棒系统主要用于重力空投和牵引空投。

（陈正荣）

kongtou huanchong zhuangzhi
空投缓冲装置 (airdrop buffering device) 用于减缓空投装备、物资着陆冲击力的专用装置。分为填充式缓冲装置、机械式缓冲装置、气囊式缓冲装置和火箭制动装置4种。填冲式、机械式、气囊式缓冲装置的工作原理都是依靠着陆瞬间的自身变形，吸收空投物着陆能量，达到缓冲着陆冲击力的效果；火箭制动装置是在空投物下降到离地面一定高度时，火箭自动点火，依靠向下喷出的高速气流产生的反作用力使空投物减速，实现空投物软着陆。（吴 祥）

kongtou tuoli zhuangzhi
空投脱离装置 (airdrop release device) 用于连接和脱离空投物与降落伞系统的专用装置。由连接部分、动力部分及控制部分组成。连接部分包括连接元件、传力元件；动力部分主要有弹簧、火药、气

体等；控制部分包括插销滚珠、控制仪表、钢索等。根据动力不同，通常可分为机械式、电爆式、可溶式、气压式和油压式等。当空投物在运输和空中下降时，空投物与伞系统连接在一起，着陆瞬间，空投脱离装置迅速将空投物与伞系统分离，防止降落伞在风的作用下拖曳或拖翻空投物。（吴 祥）

kongtouchang

空投场 (drop zone) 用于空投装备和物资着陆的场地。通常选在不易受敌地面炮火威胁，有适当的面积和净空条件，地形平坦开阔，便于空中发现、地面收集和搬运空投物品的地域。

空投场的大小根据航空器性能、空投任务、空投散布和保证安全的要求选定。与航空器的数量、队形、速度、空投高度、空投方法、空投物数量等因素成正比，即航空器数量多、编队队形大、空投速度大、空投高度高、带伞空投、多个空投物连投时，所需的空投场要大。空投场面积的计算公式：纵长=VT连+2V+1/5H（V为空投速度，T连为同架次第一个空投物至最后一个空投物连投时间，H为空投高度），横宽=UT落（U为空投允许的空中最大平均风速，T落为带伞空投物离开航空器至接地的时间）。如：空投速度360千米/时（100米/秒），T连为20秒，空投高度400米，U为12米/秒，T落为80秒，则所需的单机空投场面积为2 280 × 960米。考虑到多机群活动和保证空投安全及地形限制等因素，通常空投场面积应不小于2 000 × 1 500米。

空投场一般设立指挥引导组，使用通信设备和预先规定的联络方法实施指挥引导；设有警戒分队，负责空投场的警戒和安全。空投场的标志按统一规定或经过协商确定的样式设置，通常使用信标机，昼间可使用布板、旗帜、烟幕等，夜间可使用灯光、火堆、信号弹等。

（陈正荣）

sanjiang

伞降 (paradrop) 见空降。

kongjiang hanglu

空降航路 (air route for airborne landing) 航空器从伞降进入点到空降场的飞行航线。伞降进入点是指航空器进入空降航路的起点。正确选定该点，才能从空中及早发现空降点，保证伞降人员和空投物的准确降落。选定空降航路的要求：①应根据空降场的形状、空降区域的地形特征、天气（风向、阳光）和敌情确定。②有利于及早发现空降场，有利于空降瞄准和再次建立空降航线。③尽量避开敌防空兵器，达到隐蔽地实施空降。④空降航路起点通常选择在有显著地标或导航台的上空。

空降航路的长短取决于飞机性能、空降区域的地形特征、空降瞄准方法及飞行人员的技术水平等。通常距离为15～40千米，飞行时间为3～5分钟。机群空降航路比单机要长，应留有足够的时间进入空降准备，以便于完成空降操纵动作及修正空降瞄准。若同一架次再次进入空降，建立空降航线的方法有：双180°转弯、双标准转弯和“8”字形航线，常用的为双180°转弯。（陈正荣）

kongjiang yindao

空降引导 (airborne guidance) 对遂行空降任务的航空器和人员实施的引导活动。目的是保障空降的安全与准确。航空器在航线上的引导由上级统一组织。空降地区的引导，通常由空降兵、航空兵部队派出引导、气象、侦察、目标指示等人员组成引导分队，先行伞降，进入预定空降地区隐蔽，任务是测报气象情况，设置信号标志，实施对空联络，保障空降兵准确实施空降。实施引导的位置可在空降场内，也可在空降场外。引导设备包括雷达情报报知或遥控显示设备、无线电对空台等。（李振波）

tiaosan

跳伞 (parachute jumping) 人员乘降落伞从空中降落到地面或水面。主要用于空降兵伞降作战、飞行人员航空救生、跳伞运动和比赛等。按行动性质，分为战斗跳伞、训练跳伞、任务跳伞、被迫跳伞等；按降落点的自然地理条件，分为山地、森林地、水网稻田地、炎热地区、寒区、水上、高原跳伞等；按开伞方法，分为绳拉开伞跳伞、手拉开伞跳伞和射伞枪开伞跳伞等。此外，还可根据航空器类型、跳伞高度、开伞时间等进行分类。

跳伞过程主要包括：离机、自由坠落、开伞、降落和着陆。离机的方式分舱门跳离和弹射脱离，空降兵跳伞通常从舱门跳离，飞行员被迫跳伞通常是弹射脱离。自由坠落是指跳伞员离机至降落伞张开前的运动。跳伞员离机后，受飞行惯性和地心引力的作用，顺着飞行方向作水平运动和向下垂直运动，运动轨迹呈抛物线形。开伞指伞衣在空气作用下张开，开伞程序通常是打开伞包，引导伞工作，由引导伞拉出主伞伞衣，拉开伞包到伞衣张开的时间一般为3～4秒（二级开伞为7秒）。在伞衣张开的瞬间，跳伞员的运动速度骤然减小，产生开伞冲击力，其大小取决于坠落速度、跳伞员总重量和开伞持续时间，一般不超过12千牛。伞衣张开后，跳伞员稳定、缓慢地降落。垂直降落速度与跳伞总重量、空气密度、伞衣面积和伞衣阻力系数等有关，速度一般为5米/秒左右，同时也有一定的水平运动速度。在下降过程中，跳伞员可操纵降落伞改变水平运动方向和运动速度，使自己在预定地点着陆。

为保证跳伞安全，跳伞前必须组织跳伞员进行地面训练，包括跳伞理论和跳伞动作训练，合格后再进行空中跳伞。

（李振波）

zhandou tiaosan

战斗跳伞 (combat parachute jumping) 空降兵遂行战斗任务进行的跳伞。根据任务需要，可采取编队跳伞、翼伞渗透跳伞、“三无”（无对空引导、无明显地标、无气象资料）条件跳伞等多种形式。分为准备、乘载和跳伞3个阶段。①准备阶段。下达战斗命令，进行战斗动员，检查指导部队正确使用空降器材，检查随队空投装备、物资的捆绑与包装；进行空降编组，组织战斗跳伞的各项保障；选定空降场，独立遂行战斗任务的团通常选择3至4个空降场，师选择8至12个空降场，各空降场之间的距离，依据战斗需要而定，力求能够相互支持与协同。②乘载阶段。参加战斗跳伞的空降兵由待运地区机动至出发机场或直升机起降场，并指定专人负责登机、乘载的组织指挥；登机前，航空兵指挥员应向空降部队介绍飞机性能及乘载要求，双方进一步协商空运、空降时各种情况的处置方法；登机装载通常是先技术装备器材，后人员和伞具，战斗跳伞通常在机上背伞；航行中，应经常保持与机长的联系，了解上级指示及飞机所在位置，当飞至空降

场前，应背好伞具，佩挂好装具，做好跳伞准备。③跳伞阶段。通常采取各空降场多波次连续进行的方法，每波次进入应一次跳伞完毕；根据战斗任务、空降场条件，应尽量降低跳伞高度，以缩短留空时间和缩小散布面积；着陆后，部（分）队迅速集结，向预定目标开进。

（张广运）

xunlian tiaosan

训练跳伞 (training parachute jumping)

空降兵为掌握和提高跳伞技能进行的训练活动。主要包括理论学习，跳伞动作地面训练，空中跳伞。训练跳伞由本单位指挥员组织实施。跳伞人员必须完成规定的理论学习内容和跳伞动作地面训练，并测验合格。地面训练测验以实际操作为主，主要内容包括离机、降落伞操纵、跳伞着陆以及跳伞中特殊情况的处置方法等。实施空中跳伞前，对参加跳伞人员的思想、技术和身体情况进行分析，把好安全关，对不具备跳伞条件的人员作出暂缓跳伞的决定。首次跳伞前，应先组织观看示范跳伞。

训练跳伞的着陆场，应根据任务、跳伞散布面积和保证跳伞安全的要求选定。着陆场附近300米以内没有危及着陆安全的障碍物。着陆场上空没有降水，跳伞高度以下的云量不影响目视投放。地面风速通常不超过6米/秒，进行首次跳伞、夜间跳伞、山地和森林地跳伞不超过4米/秒。跳伞高度以下的合成风速不超过12米/秒，进行开双伞跳伞、夜间跳伞、山地和森林地跳伞不超过10米/秒。

训练跳伞高度，绳拉开伞通常不得低于400米，400米以下的跳伞，必须经军以上首长批准；新跳伞员前3次跳伞的高度不低于600米。手拉开伞不得低于600米，首次手拉开伞跳伞和翼型伞跳伞的跳伞高度不得低于800米。集体跳伞一次跳下10名以上人员时，最低跳伞高度不得低于1 500米。

训练跳伞的飞行速度应在保证飞行和跳伞安全的前提下，根据任务、飞机和降落伞的性能确定。机速一般为180～320千米/时，超过320千米/时(含)以上时，应使用二级开伞的降落伞跳伞。实施跳伞时，跳伞员必须佩带主伞、备份伞，戴跳伞头盔，穿跳伞鞋和护踝，携带伞刀。跳伞员使用的降落伞，必须亲自折叠，并经空降技术人员检查、签字。

跳伞员间断跳伞1年以上，必须完成规定的地面训练时间和内容，考试合格后方可批准恢复跳伞。实施恢复跳伞应先恢复昼间跳伞，后进行夜间跳伞；先恢复一般地形跳伞，后进行复杂地形跳伞；先恢复徒手跳伞，后进行武装跳伞；先恢复绳拉开伞跳伞，后进行手拉开伞跳伞；先恢复一般伞型跳伞，后进行翼型伞跳伞。第一次恢复手拉开伞跳伞，自由坠落时间不得超过5秒钟。

（张广运）

renwu tiaosan

任务跳伞 (mission parachute jumping)

除战斗、训练跳伞以外，执行其他专项任务的跳伞。包括执行抢险救灾、试验、表演、救生等任务的跳伞。其中，试验跳伞是为了掌握和摸索新机型、新伞型的跳伞技术，研制、改进降落伞和机上跳伞设备等。通常由有经验的跳伞员担任。跳伞前，一般先用假人试投。科研人员应跟踪指导，获取相关数据，试跳员要填写有关报告。实施任务跳伞，应严密组织，对气象条件、跳伞高度、乘载航空器的飞行速度、着陆（水）场条件、特殊情况处置等有明确要求。

（张广运）

wuzhuang tiaosan

武装跳伞 (armed parachute jumping)

空降兵携带武器装备进行的跳伞。武装跳伞开伞和着陆冲击力较大，应熟练掌握离机、降落伞操纵和着陆要领，正确掌握武器装备的佩带、系留方法及下降中调整和吊放的动作。所佩带的武器装备，应位置适当，佩带牢固，便于脱卸，不妨碍跳伞动作和降落伞的正常张开，有利于合理地承受开伞冲击力，适应战斗要求。对怕震和易爆的物品要妥善包装；枪支要有枪衣，没有枪衣的用布将其凸出的部位包缠起来，以防止开伞时损坏枪支或妨碍降落伞的正常张开；武器装备的背带强度小的，应当使用加强绳；跳伞总重量不应超过降落伞的最大载荷，武器装备重量超过25千克或体积较大时，应在着陆前200～400米高度上进行吊放；着陆前，跳伞员应将随身携带的武器装备横放在身体一侧。

（张广运）



武装跳伞　　卢炳广 摄

yejian tiaosan

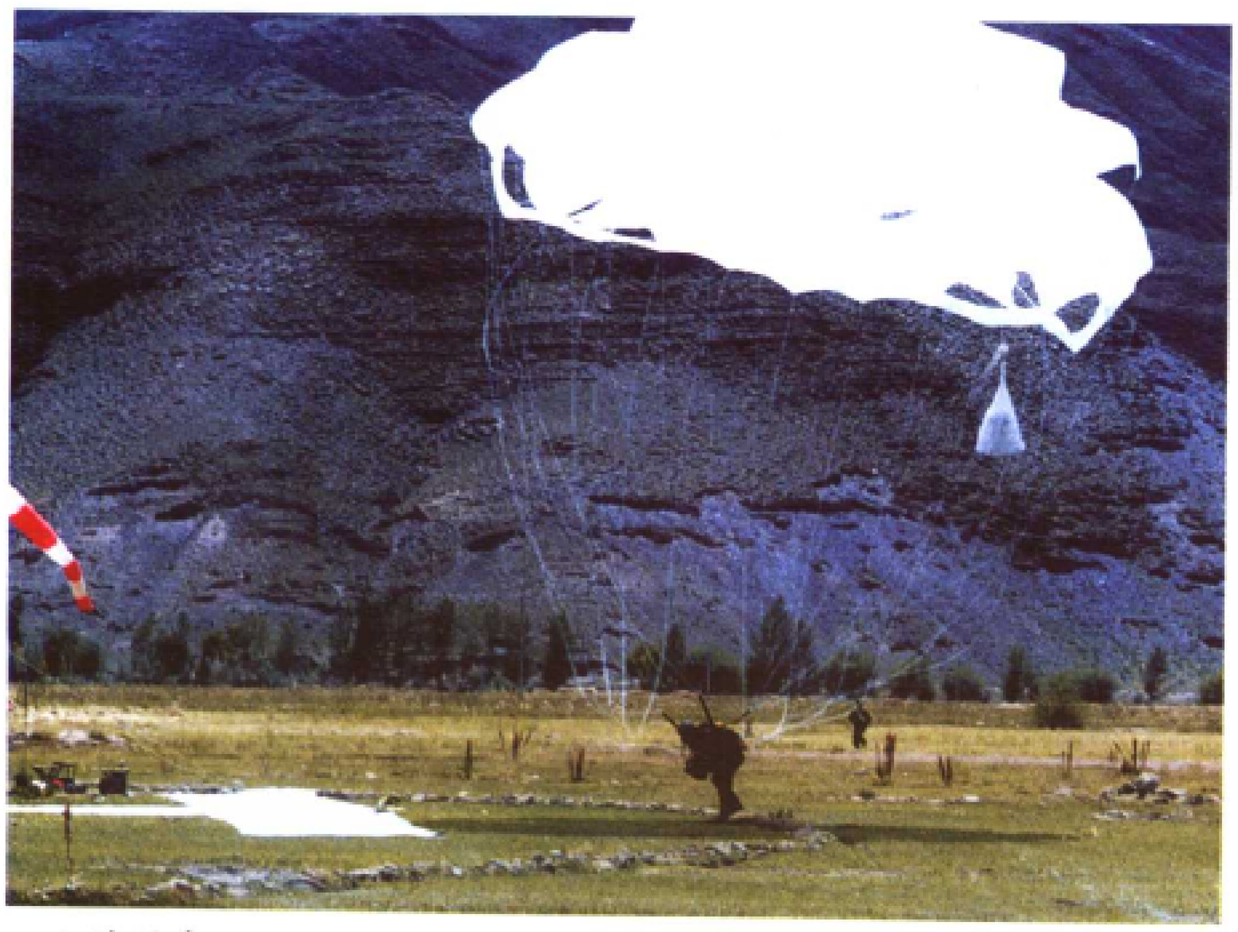
夜间跳伞 (night parachute jumping)

从日落后一小时至次日日出前一小时进行的跳伞。夜间跳伞由于视力受限，跳伞员在下降中不易观察空中和地面情况，难以及时躲避互撞和准确掌握着陆时机。跳伞前，应进行夜间跳伞动作模拟训练，掌握夜间跳伞灯光的使用和管制，学会利用灯光和夜视器材及地标判断自己所处位置、距离地面高度的方法，增强夜间适应能力。跳伞训练时，机场和着陆场工作区应有照明设备，对空联络符号用灯光或火光显示，着陆场及其附近危及跳伞安全的障碍物用红色灯光标示，收伞站、救护站、停车场、休息区用不同颜色或数量的灯光标示；跳伞员应携带照明或夜视器材，在准备离机时打开，以便离机后标示跳伞员的位置和检查伞衣、伞绳，以及着陆后收集降落伞；为防止下降中跳伞员互相碰撞，离机间隔时间应比昼间适当增长。着陆时，注意收听地面广播提示或者观察地面灯光，提前做好准备，掌握着陆时机。

（张广运）

shandi tiaosan

山地跳伞 (parachute jumping over mountain areas)　在群山连绵交错，高差在200米以上的地区所进行的跳伞。山地地形复杂，地面坚硬，障碍较多，气流不稳，风向、风速变化不定，跳伞员着陆时不易保持身体重心的稳定，容易产生滚滑现象，着陆后不便于集合。跳伞前，应根据山地着陆特点，组织跳伞员在地



山地跳伞 马广杰摄

面进行模拟训练，使跳伞员掌握正确选择着陆点、特殊情况处置的方法等。跳伞时，跳伞员在下降中要判断可能着陆的地方，尽量避开深沟险谷、悬崖绝壁和乱石堆，力争在缓坡顺风迎坡着陆，也可顺风顺坡着陆。着陆时，两脚掌要与坡面平行，如果着陆在坡度较大的山地上，应尽力抓住坡面上可以利用的物体，防止身体顺坡翻滚。跳伞员可根据需要穿戴防护服装和护具。实施跳伞训练时，应在着陆场边缘便于观察的地方，设置若干观察救护组，提示跳伞员着陆动作，进行现场救护。 （张广运）

senlindi tiaosan

森林地跳伞 (parachute jumping over forest land) 在树木聚生地区进行的跳伞。在森林地跳伞，跳伞员观察地面困难，着陆时降落伞和跳伞员容易被挂在树上，着陆后不便于判定方位和观察、联络，地面机动困难。在森林地训练跳伞时，应选择树高林密的地方入林，争取挂在树上，避开枯树、树桩、独立树和沟底，并且力争顺风入林，以便观察。在森林地执行作战任务时，应根据任务和地形情况，选在林间较平坦的空地着陆，以便迅速集合。跳伞前，应组织跳伞员在地面练习入林动作和使用下树器材的方法，熟悉收伞的注意事项，了解着陆场的场面和道路情况。跳伞时，应根据所处林区的特点，加强警戒、收伞和救护工作；跳伞员要戴手套、护腿等，携带下树器材和急救包；对空联络符号可设在高出林面的树上或设在位置适当的林间空地。跳伞员入林前，应判断自己可能入林的位置，尽量减小水平运动速度，保持降落伞稳定下降，操纵降落伞应以拉操纵带为主，尽量不拉操纵棒，以防在入林时手臂被树划伤。入林时两臂内合，腿要并紧，伸出的角度要适当，使脚起到开路的作用。如跳伞员的降落伞挂在树上身体被吊悬时，腿不要分开，防止伞挂得不牢而落下摔伤；降落伞挂在树上，收伞时不要强拉硬扯。 （张广运）

shuiwang daotiandi tiaosan

水网稻田地跳伞 (parachute jumping over riverine and paddy field areas) 在河渠纵横交错、湖泊池塘较多的稻田地进行的跳伞。由于水网稻田地形复杂，稻田泥泞，田埂、塘、渠较多，增加了跳伞着陆的困难。跳伞前，组织跳伞员在地面练习水网稻田地着陆动作，熟悉着陆场地形



水网稻田地跳伞 卢炳广摄

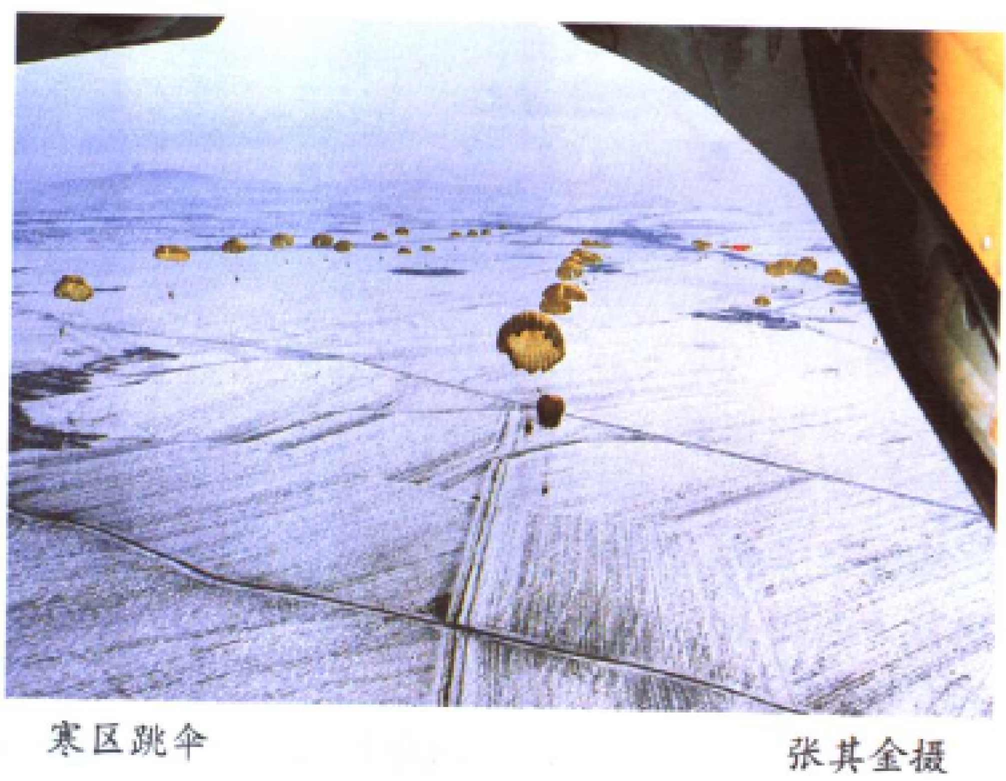
情况，必要时进行现场练习。跳伞时，背伞前穿好腋下救生器或救生背心(不吹气)，并扣好钩扣；装备器材应进行防水包装，以防泥水浸入，需要吊放的物件加上漂浮器材并固定好；在下降中选择着陆位置，尽量避开田埂、河渠和池塘，力争在稻田地着陆；采取正确姿势，防止两腿深陷在淤泥中，落到水上后要迅速解脱背带，水深时按水上跳伞动作要求进行。 （张广运）

yanre diqu tiaosan

炎热地区跳伞 (torrid zone parachute jumping) 在低纬度气候炎热地区进行的跳伞。炎热地区植被茂密，虫害较多，天气变化快，跳伞员体力消耗大，容易疲劳和中暑、中毒。跳伞前，组织跳伞员进行适应性训练，介绍防虫害、防中暑常识，学会被虫害咬伤后自救和中暑时互救的一般方法。跳伞时，准确掌握天气变化情况，选择跳伞时机，尽可能避开特别闷热和扰动气流强烈的时段，对跳伞中可能遇到的危险天气等应有处置预案。精确计算，严密组织，缩短在外场的工作时间，以免增加跳伞员的疲劳和中暑。跳伞员在登机前尽量减少不必要的活动，充分利用时间休息，保持充沛精力。进行武装跳伞训练时，应适当减轻负重。做好跳伞训练中的防暑工作，机场、着陆场、指挥所工作区应备有饮用水，搭建凉棚，并适当增加救护和勤务工作人员。 （张广运）

hanqu tiaosan

寒区跳伞 (frigid zone parachute jumping) 在高纬度气候寒冷地区进行的跳伞。亦称严寒地区跳伞。寒区气温低、积雪深、地面坚硬、江河湖泊冻结，跳伞员易受冻伤，在空中不易准确目测高度和发现地面障碍物，穿戴御寒服装后动作不灵活，着陆时容易滑倒。跳伞前，应进行防冻、防雪盲知识教育，组织跳伞员进行耐寒锻炼，熟悉着陆场情况。跳伞时，跳伞员应穿戴与当时气温相适应的御寒服装，特别注意保护好手、脚和面部，以防冻伤。在雪地上跳伞时，对空联络符号和着陆场内的障碍物用红色标志显



寒区跳伞 张其全摄

示。在航行过程中，跳伞员应经常活动四肢，保证动作灵活；离机时一般不戴过厚的手套，以免影响拉开备份伞的动作；阳光强烈时，开伞后要戴有色眼镜，以便判断高度和防雪盲；在下降中，应及时判断可能着陆的位置，尽量选在雪地着陆，避免在坚硬的冻土或冰上着陆，以防跮脚或滑倒摔伤。着陆时两腿伸出的角度要适当小些，以便向前扑倒，减小着陆冲击力和便于排除拖拉。（张广运）

shuishang tiaosan

水上跳伞 (overwater parachute jumping) 在江、河、湖、海、水库等水域进行的跳伞。具有空中动作较多，跳伞员在下降中不易准确目测高度等特点。跳伞前，组织跳伞员在操纵架上练习开伞后的空中动作，进行游泳训练，增强跳伞员水上活动能力。实施水上跳伞训练时，跳伞员必须穿救生背心，携带必要的救生器材；各飞机进入空降航路的时间间隔比陆地跳伞要长些，每次投放的人数根据水面情况和工作船的数量而定；跳伞员尽可能使用带飞伞脱离装置的主伞，离机时的间隔应稍大于陆地跳伞，以防空中两伞相撞，给着水带来困难。在水上进行武装跳伞训练时，适当减轻跳伞员携带武器装备的重量，除在背伞后背在肩上的武器外，其余应放在背囊里，用防水物包好，着水前进行吊放，吊放物资超过15千克，应加漂浮器材。跳伞员在离水面50米时，应做好着水准备。在座带未调整好以前，不准解开胸带、腿带弹簧钩；解开弹簧钩以后，通常不准操纵降落伞；两脚接触水面前不准脱离背带系统(使用飞伞装置除外)。着水场要设指挥船和救护船。

（张广运）



水上跳伞　马广杰摄

gaoyuan tiaosan

高原跳伞 (plateau parachute jumping) 在海拔较高，地形起伏较小的平缓地区进行的跳伞。高原地区空气稀薄，气温较低，天气多变，扰动气流较多，跳伞员容易产生疲劳和高原反应，开伞过载、下降速度和着陆冲击力比平原跳伞时大。跳伞前，应熟悉高原特点，学会使用氧气设备的方法，了解应注意的问题，并组织跳伞员进行适应性锻炼，增强在高原地区的活动能力。跳伞时，严格掌握跳伞的气象条件，尽量使用带有气密舱的航空器；着陆场要加强气象观测，增加测风次数，及时提供天气况；根据所在地区的海拔高度，准确进行投放计算；加强救护工作，备有足够的氧气。跳伞员在下降中遇到上升气流时，应正确操纵降落伞，改变运动方向和增加下降速度，尽力排除上升气流，以免增加飘移距离降落到着陆场外。在海拔3 000米以上的高原地区实施武装跳伞时，随身佩挂的武器装备重量通常不超过15千克，超重时应吊放一部分，以减小着陆冲击力。在海拔4 000米以上的高原地区跳伞，必须使用航空器上的氧气，并随身携带供氧器，供离机后使用。医务人员要不断了解跳伞员的身体变化情况，注意掌握跳伞员的高原反应，发现跳伞员有缺氧或身体不适的征兆时，及时采取救护措施。

（张广运）



高原跳伞　王维忠摄

yisan shentou tiaosan

翼伞渗透跳伞 (infiltration jumping with airfoil parachute) 跳伞员利用翼伞特性，从一定的距离、高度飘移到预定地域的跳伞。进行翼伞渗透跳伞前，应熟练掌握翼伞性能和空中操纵方法，学会空中判定方位、特殊情况处置和通信工具、指北针或GPS定位系统的使用方法，并完成普通跳伞50次以上，进行过手拉开伞跳伞和飞伞动作训练。登机前，根据跳伞任务和气象条件，确定开伞后的队形、飘移路线、高度差与间隔距离、着陆顺序等操纵方案，校准和固定好高度、时间、方位等指示仪表及通信器材。跳伞绝对高度超过4 000米时，按高原跳伞规定使用供氧设备，穿戴相应的高空御寒服装，并与着陆场指挥所建立无线电联系。飞机进入空降航路后，注意观察地标，准确判断飞机所处位置，选择好跳伞时机。离机后，跳伞员之间应保持相应的距离和高度差，按预定的飘移路线运动。如主伞开伞不正常，应飞掉主伞，打开备份伞；高度50米以下时，禁止大坡度转弯、失速和松棒着陆。着陆时，逆风接地。

（李振波）

shengla kaisan tiaosan

绳拉开伞跳伞 (static-line parachute jumping) 跳伞员离机后由挂在机舱内的拉绳打开降落伞的跳伞。是空降兵通常使用的开伞方法。跳伞前将降落伞上的拉绳弹簧钩挂在机舱内的钢索上，锁针插在伞包上、下绳袢内。拉绳长度根据跳伞使用的机型确定。挂好的拉绳弹簧钩未经允许不得取下。离机前，掖好多余的拉绳，防止拉绳过长勒伤脖子或缠挂枪支。离机后，投放员将拉绳回收。



绳拉开伞跳伞 卢炳广摄

（张广运）

shoula kaisan tiaosan

手拉开伞跳伞 (free fall parachute jumping) 跳伞员离机后用手拉环打开降落伞的跳伞。延时开伞跳伞常用的一种开伞方法。手拉开伞跳伞比绳拉开伞跳伞复杂，是在绳拉开伞的基础上进行的。掌握手拉开伞跳伞技术，才能适应在高空和较大飞行速度条件下的跳伞，以及进行较长时间的延时开伞跳伞。实施前，应组织跳伞员在地面训练器材上练习离机、拉拉环动作和坠落姿势，掌握默数秒数、使用秒表和纠正不正确坠落姿势的方法。跳伞时，跳伞员通常朝向飞行方向离机，开伞前要操纵身体，默数秒数和不断观察地面的高度，自己掌握开伞时机，使用高度表的要按规定高度开伞；离机后如遇身体不适、秒表停走、忘记默数秒数、发生翻滚无法改出等情况，应及时开伞。初次手拉开伞跳伞，自由坠落时间不得超过3秒，随着跳伞员技术水平的提高可逐步延长。对没有掌握平稳坠落动作的跳伞员，最长坠落时间通常不得超过10秒。

（李振波）

kaishuangsan tiaosan

开双伞跳伞 (double parachute jumping) 在主伞正常张开后打开备份伞的跳伞。目的是训练跳伞员在主伞不开或开得不正常等情况下，正确使用备份伞。开双伞跳伞前，应在操纵架上练习或模拟打开备份伞的动作和操纵方法。跳伞时，打开备份伞前应判断空中风向，调整到顺风或侧顺风方向。在主伞和备份伞都正常张开的情况下，通常利用操纵备份伞来改变垂直下降速度和调整方向。如果距离地面100米左右备份伞仍未张开时，应当停止打开备份伞的动作，将伞衣抛到身体一侧，准备着陆；如果空中风速较大或着陆场面积较小时，为了减小跳伞散布面积，打开备份伞的高度可适当降低。



开双伞跳伞 卢炳广摄

（张广运）

beisan

背伞 (carrying parachute on the back) 跳伞员披挂降落伞的动作。训练跳伞通常在背伞区背伞，背伞区一般选在机场内不妨碍飞行活动又便于登机的位置。背伞区背伞应在登机前20～30分钟，两人协同进行，背伞后要经过两道背伞检查线检查。背伞检查线设在背伞区与登机位置之间，检查由空降技术人员负责。航行时间较长的训练跳伞，经指挥员批准，可在登机后背伞、佩带武器装备，先由跳伞员互相检查，再由投放员检查。战斗跳伞在飞机上背伞，检查由本架次投放员和架次长共同负责，主要检查跳伞员正面和背面的降落伞披挂、武器装备佩带以及着装情况。



背 伞 卢炳广摄

（张广运）

tiaosan gaodu

跳伞高度 (jumping altitude) 跳伞员从空中离开航空器的位置至地面的垂直距离。高度划分：100米以下为超低空跳伞，100～400米（不含）为低空跳伞，400～4 000米（不含）为中空跳伞，4 000米以上为高空跳伞。跳伞高度不得小于降落伞的最低安全开伞高度。绳拉开伞训练跳伞的高度通常不得低于400米，新跳伞员前3次跳伞的高度不得低于600米。手拉开伞跳伞的高度根据任务而定。集体跳伞一架次跳下10人以上时，最低跳伞高度不得低于1 500米。试验跳伞的高度通常不得低于1 000米(不含使用低空伞)。战时跳伞高度通常为600米。

（李振波）

liji

离机 (bailing out) 跳伞时离开载机的动作方式。通常包括离机姿势、离机方向和离机路数。离机姿势主要有抱手式、落燕式和蛙跃式。离机方向主要有向前、后、左、右和向下、向上（航空兵爬舱跳伞和弹射跳伞）。离机路数主要有单门单路、单门双路和三门四路。要求：①准备离机时，跳伞员之间应尽量靠近，以缩短离机间隔，减小跳伞散布面积。跳伞员与



离 机 卢炳广摄

跳伞员的离机间隔一般为0.8秒。②离机时步伐要稳，动作迅速、准确、有力。不要碰撞或坐滑机门，不要用力过猛和向上跳或挺腹，不要松开手臂和分开或伸直两腿，以防离机后身体翻滚影响正常开伞，发生伞绳挂伤四肢等现象。③跳离飞机的同时开始默数秒数，5秒钟以内（二级开伞时为8秒）不准打开备份伞，防止备份伞与主伞同时张开而互相缠绕。如果5秒钟以后（二级开伞时为8秒）还感觉不到开伞冲击力，必须立即打开备份伞。为便于观察，离机时不要闭眼睛。④武装跳伞离机时，左手不要松开枪支，防止枪支挂在机门附近或开伞时挂住伞绳，影响开伞。⑤保持良好的开伞姿势，正确承受开伞冲击力；侧门离机时，转弯不要太大，方向要正，出速要快，不要用力上跳；尾门离机时，离机后立即收腿，缩紧身体，身体与飞机纵轴线平行。

（张书耕）

ziyou zhuiluo

自由坠落 (free drop) 跳伞员离开航空器到降落伞张开前的运动状态。跳伞员离机后，受到飞行惯性、地心引力、空气阻力的作用以及风、气流等影响，会出现复杂的坠落过程。在水平方向上，身体受飞行惯性作用向飞行方向运动，开始接近于飞行速度，由于空气阻力的作用，运动速度迅速减小，一般在15秒左右消失。在垂直方向上，身体受地心引力的作用向下坠落，同时受到空气阻力的影响。随着坠落时间的延增，垂直坠落速度逐渐增大，空气阻力也相应增大。当空气阻力增大到与跳伞总重量相等时，坠落速度将不再增加，达到临界速度，尔后作等速坠落。跳伞员的垂直坠落速度主要与空气密度和身体坠落姿势有关，其大小和到达临界速度的时间，随着跳伞高度和坠落姿势的变化而不同。空气密度随高度升高而减小，跳伞高度越高，到达临界速度的时间越长，坠落速度也越大。通常跳伞高度在2 000米以下时，离机后10～12秒可达到临界速度。当跳伞员四肢展开时阻力面增大，下降速度减小；当四肢收起时阻力面减小，下降速度增大。跳伞员通过身体姿势的变化，可向不同方向运动，避免在坠落过程中与其他跳伞员相互碰撞。

（张书耕）

kaisan

开伞 (parachute deployment) 从伞包打开至降落伞完全张开的过程。开伞方式主要有绳拉、手拉、手抛和自动开伞等。绳拉开伞是跳伞员离机时，由挂在飞机钢索上的拉绳打开伞包锁针。手拉开伞是跳伞员离机后，按规定的时间坠落到预定高度，用手拉环打开伞包锁针。手抛开伞是将引导伞充气后抛出，靠引导伞的阻力打开伞包锁针。自动开伞是跳伞员或空投物在空中预定的高度和时间，利用开锁器将降落伞打开。

（张书耕）

kaisan gaodu

开伞高度 (deployment altitude) 开伞点距地面的垂直高度。开伞高度根据跳伞任务和降落伞性能而定，但不得低于降落伞最低开伞安全高度。伞兵–4型降落伞最低开伞安全高度为150米，伞兵–9型降落伞二级开伞最低开伞安全高度为260米。 （李振波）

kaisan guozai

开伞过载 (deployment shock load) 开伞瞬间速度骤减时作用在人或物体上的力。亦称开伞冲击力。通常用"g"来表示过载量。按开伞过载作用在人体的方向，分为纵向过载和横向过载。开伞过载方向沿跳伞员躯干时为纵向开伞过载开伞过载方向从跳伞员身体的一侧向另一侧时为横向开伞过载。开伞过载超过跳伞员承受能力，跳伞员将感到不适或身体受到损伤。开伞过载大小主要取决于跳伞员坠落合成速度、跳伞总重量和开伞时间等。开伞姿势正确，背带系统调整合适，武器装备佩带妥贴，开伞时机选择合理，开伞过载不会对跳伞员身体造成损伤。

开伞过载是设计、研制、鉴定、验收及使用降落伞的重要依据。中华人民共和国国家军用标准规定，人用降落伞的开伞过载使用限值（最大矢量和）不超过10g。为减小开伞过载，降落伞的设计多采用可变顶孔、可变阻力系数伞衣、多级或延时开伞等。

（张书耕）

jiangluosan caozong

降落伞操纵 (parachute controlling) 跳伞员为保持或改变降落伞在空中的运动方向和速度，拉操纵棒、操纵带、伞绳的动作。降落伞操纵的目的，是为了修正降落伞在空中运动的偏差和误差，选择正确的下降轨迹、着陆方向和着陆点，保证安全降落到预定区域。操纵方法根据伞的性能和跳伞时的气象条件而定，一般分为小风天（0～3米/秒）、中风天(3～5米/秒)、大风天(5～7米/秒)3种。基本方法是：①拉操纵棒。利用排气口的作用改变降落伞水平运动方向和速度，防止与邻伞相撞，避开地面障碍物以及减小跳伞散布和着陆冲击力。当将要转到所需要的方向时，把操纵棒柔和地松回原位，以免引起降落伞摆动。②拉操纵

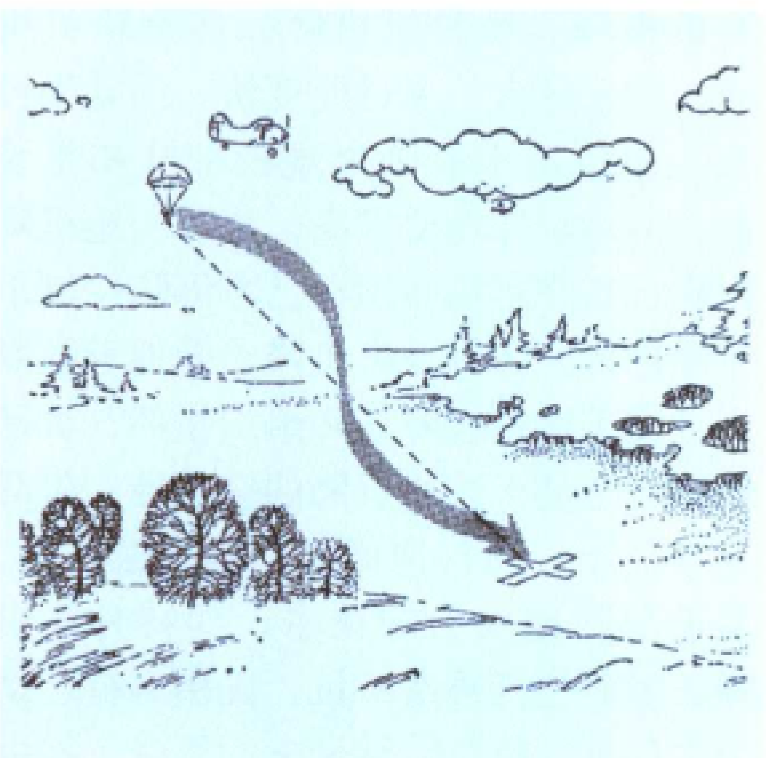


操纵降落伞 卢炳广摄

带。是为了改变水平运动速度，防止在下降过程中与邻伞相撞，制止降落伞摆动，避开地面障碍物以及减小着陆冲击力。③侧滑。是为了加快降落伞垂直下降速度，避开地面障碍物和排除上升气流对伞衣的影响。侧滑时，跳伞员先并拢两腿，然后拉下相邻的2～3根伞绳在1米以上，最多不超过伞绳全长的1/3。结束侧滑的高度不得低于150米。④交叉操纵带。跳伞员快接近地面还没有面向顺风时，应使用交叉操纵带的方法来调整方向。转到顺风方向后要一直保持到着陆不能松手，并且两腿并拢，两手不要挡住视线，以免影响着陆。（张书耕）

sanjiang guiji

伞降轨迹 (paradrop path) 降落伞从开伞点到着陆点所经过的路线。习称下降轨迹。主要取决于空中风向、风速。伞降轨迹可分解为伞降过程中的水平运动和垂直运动。为了使跳伞员或空投的装备、物资降落在预定着陆点，伞降前根据气象资料，将开伞高度以下每100米或



伞降轨迹示意图

200米划为一个高度层，并把降落伞受层风影响而产生的运动方向、距离，按方位、比例标示在坐标纸上，作为降落伞操纵和地面遥控操纵的依据。

（张书耕）

tiaosan zhuolu

跳伞着陆 (parachuting landing) 跳伞时接触地面的动作。接触水面的动作称(跳伞)着水。跳伞任务、伞型以及技术训练阶段不同，着陆的要求也不相同。一般要求是：①选择开阔地带、避开空中和地面障碍物。②正确判断风向、风速，面向顺风着陆，防止侧倒或后倒；使用运动伞



跳伞着陆 卢炳广摄

和翼型伞时，必须逆风着陆，不得侧风、顺风着陆。③脚掌接触地面前，不得用脚去试探地面或向前迈步；三点(脚跟、脚尖、膝关节)并紧，不得单腿、开腿和蜷腿着陆(翼型伞跳伞除外)，以防下肢受伤。④着陆时不要张嘴，防止碰坏牙齿或咬伤舌头。⑤不要强求站住，防止着陆冲击力过大受到损伤。⑥着陆时，手不要过早放开降落伞操纵棒(带)，不得用手撑地。（张书耕）

tiaosan zhuolu chongjili

跳伞着陆冲击力 (landing shock load) 跳伞员着陆瞬间下降速度消失时作用在人体上的力。习称着陆动载。影响着陆冲击力大小的因素主要有：跳伞总重量、着陆速度、缓冲距离等。其中，缓冲距离是指跳伞员两脚接触地面的瞬间至着陆速度完全消失时身体重心下移的距离。跳伞总重量大，着陆速度大，则着陆冲击力大；跳伞总重量小，着陆速度小，则着陆冲击力小。缓冲距离大，则着陆冲击力小；缓冲距离小，则着陆冲击力大。此外，着陆冲击力的大小还与伞衣面积、伞衣结构及地面风向、风速有关。着陆是伞降中较易发生损伤的环节。在伞降时，跳伞员以正确的着陆姿势，熟练操纵降落伞，穿合适的跳伞鞋，使用必要的防护器材，可以正确承受着陆冲击力，减少跳伞着陆损伤，保证着陆的安全。（张书耕）

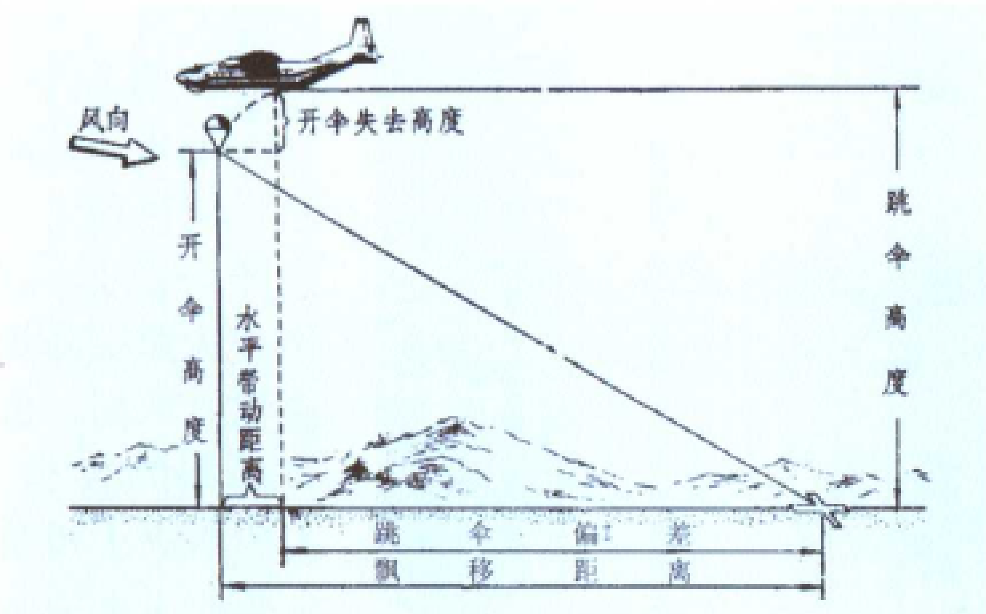
tiaosan sanbu mianji

跳伞散布面积 (paradrop scattering area) 一个批次的伞降人员着陆后所散落到地面的范围。掌握跳伞散布面积，目的是为了使跳伞员能在预定的空降场着陆，并作为选择空降场面积的依据。散布面积的大小，主要取决于担负伞降的飞机编队大小、飞行速度和高度，人员全部离开航空器的时间长短、风速、风向等因素。飞机编队大，飞行速度快，伞降高度高，离机时间长，则散布面积大。空降作战时，通常采用降低跳伞高度、减小飞行速度来缩小跳伞散布面积。通常散布面积为椭圆形，纵向(顺飞机进入方向)较长，横向较窄；散布是不均匀的，距散布中心愈近愈密集，愈远愈稀疏；跳伞散布是对称的，如果通过散布中心作一条平行于飞机进入方向的纵轴和一条垂直于进入方向的横轴，则着陆点的散布大体上是对称于这两条轴线的。为了减小散布面积，可根据空降场的面积、形状，确定集体跳伞时进入方向和每次进入投放的人数；按跳伞员体重排列顺序，飞机逆风进入跳伞，体重者先跳，体轻者后跳；根据跳伞时飞行速度和跳伞动作的熟练程度，确定跳伞员离机的间隔；正确操纵降落伞等。

（李振波）

tiaosan piancha

跳伞偏差 (parachuting deviation) 跳伞员跳离飞机时的地面垂直投影点到着陆场中心点之间的水平距离。造成跳伞偏差的主要原因有：飞行员、投放员误认地标，提前或推迟投放；风速突然发生较大变化；飞机偏离既定航线未能及时修正等。在实施跳伞时，应尽量减小跳伞偏差，确保准确降落到预定着陆点。纠正跳伞偏差，应根据跳伞人数、跳伞高度、开伞高度、降落伞下降速度、平均风速风向、开伞前的水平带动、层风风速风向，进入方向飞机地速、修正值、平均风角等因素，计算出跳伞偏差，确定投放点；还要准确掌握投放时机，正



跳伞偏差示意图

确铺设对空联络符号。

（李振波）

jiangluosan shixiao

降落伞失效 (malfunction of parachute jumping) 降落伞在使用过程中失去正常效能。造成失效的主要原因包括：开伞过载大冲破伞衣，开伞过程中身体翻滚或产生旋转，开伞时操纵带飞掉或因操纵不当两伞相插等。处置方法：伞衣破损总面积在3幅以上，或者相邻的伞绳灼（冲）断3根以上，应打开备份伞；两人相插一人主伞失效，未失效者抓紧失效者，失效者立即打开备份伞，然后分开；两人主伞交替失效时，通常位于上面的跳伞员先打开备份伞。防止降落伞失效的主要方法：叠伞前要认真检查，并按标准程序折叠降落伞；离机后保持正确的开伞姿势；开伞后正确操纵降落伞；在下降过程中，禁止从他人伞上或伞下30米内通过，或做相对运动。

（李振波）

tiaosan shigu

跳伞事故 (accident in parachute jumping) 跳伞过程中发生的人员伤亡。分为严重事故和一般事故。亡人为严重跳伞事故，包括跳伞过程中当场死亡，重伤后经抢救无效在规定时限内死亡。身体局部瘫痪、内脏严重损伤、严重脑震荡、严重骨折等为一般跳伞事故。事故统计通常按跳伞事故万次率计算，跳伞事故次数与跳伞人次的万分比，是部队衡量跳伞训练质量的指标之一。

（蒋年平　李振波）

tiaosan shigu zhenghou

跳伞事故征候 (paradrop incident sign) 发生跳伞事故前的征兆。分为严重事故征候和一般事故征候。严重跳伞事故征候包括伤情事故征候和危情事故征候。伤情事故征候是指跳伞员在跳伞过程中发生一般性轻度骨折。危情事故征候是指发生严重危及跳伞员安全的现象，如跳伞员被挂在机门附近，主伞不开，开伞时引导伞飞掉或被飞机某一部位割掉，主伞开伞不正常未能及时使用备份伞，两个主伞重叠交替失效，两伞在距地面200米以下相插等。一般跳伞事故征候是指跳伞员违犯跳伞技术规定，有可能导致发生跳伞事故的现象，主要包括跳伞员被投放到着陆场安全范围以外，跳伞员离机时坐滑、碰撞机门，开伞时身体某一肢体被挂，两伞在距地面200米以上相插，跳伞员着陆到2米以上的高陡建筑物上。

（李振波）

diesan

叠伞 (packing) 按技术要求折叠和包装降落伞。亦称包伞。是实施跳伞的一项准备工作。叠伞好坏，对降落伞在空中能否正常张开有直接影响。叠伞时必须加强技术指导，保证质量。叠伞通常在叠伞场进行，叠伞场应当平坦、清洁、干燥，有足够的面积。雨天可选在符合上述要求的室内进行。叠伞前应对降落伞进行检查，检查中如发现降落伞超过使用年限、次数，伞衣边鼓风兜大小与跳伞员所乘载的航空器速度不一致，织物霉烂、破损、灼伤、断线，金属件生锈、变形和弹簧失效等情况，应及时更换。叠伞场指挥员负责叠伞场的组织指挥，通常8～10块垫布配一名检查员，负责叠伞的技术检查。垫布应当顺风铺设，用固定锥固定好。垫布上排放包装工具和开伞器。伞兵伞的折叠一般由两个人协作进行，使用者为正手，协助者为副手。降落伞每一步折叠都应有正确标志，折叠好的降落伞检查后要进行连接，检查员检查合格签名后放入伞库。叠好的降落伞使用有效期，通常带弹簧引导伞的伞为7天，无引导伞的伞为15天，过期时应重新折叠。

（李振波）



叠　伞　　卢炳广摄

jijiang

机降 (air landing) 用航空器装载人员、装备、物资直接降落于地面的空降行动。空降的一种方式。具有行动迅速、机动范围大、部队离机后建制装备完整、便于集中兵力等特点，但易受气象条件影响，各种协同难度较大、安全要求高。主要用于紧急机动兵力、保障空降作战、进行后勤物资补给等。按使用的航空器类别，分为运输机机降、直升机机降、特种机机降。①运输机机降。装载量大，飞行速度快，活动半径大，主要用于机降大规模部队和重装备。但对起降场要求高，战时实施机降作战，其降落场必须在己方部队控制下才能进行。②直升机机降。受地形限制小，便于选择起降场和组织指挥，机动性强大，易于达成机降的突然性。但活动半径小，飞行速度慢，载重量有限，易遭敌防空火力的袭击。③特种机机降，主要包括乘滑翔机、民用客机、动力飞行伞等执行特种任务的机降。按机降的对象，还可分为人员机降、重装备机降、物资机降和混合机降。机降的组织实施通常分为出发准备、乘载、空运和降落场卸载4个阶段。

对各种条件下机降的要求是：①夜间机降。夜间机降视线不良，人员视线受限。应重视夜视适应性训练，并配备一定的照明器材。装



机　降　　　　马广杰摄

载时可利用汽车灯光照明。严格规定灯光、信号，防止信号混乱；加强警戒，警戒范围要适当扩大；加强机场内车辆管理；指定装载区域；部队进场必须及时开到指定位置，人员未经允许不准离开；飞机起飞的时间间隔适当增大；加强气象探测，导航台要认真引导等。②高原机降。针对高原缺氧、气压低等特点，必须对人员进行高原常识教育和适应性训练，学会使用氧气设备；高原机降应加强医务监督和救护保障，特别应注意观察机降人员的高原反应，掌握身体变化情况，及时对缺氧或身体不适者进行救护；加强气象观测，适当增加气象通报次数，及时提供气象资料；加强同航空兵运输部队的联系，所使用的飞机必须有足够的氧气设备和氧气供应；在航行过程中，机降人员要减少活动，以免消耗体力，但不得呈睡眠状态。③山岳丛林地机降。山岳丛林地机降便于隐蔽部队行动，但地形复杂，道路崎岖，行动不便，不便于车辆通行和降落后迅速展开战斗队形。直升机在山岳丛林地机降，不便于对地形、地标的识别和机降场的判断。机降前应加强适应性训练，提高对地形、方位的识别判断能力；加强对空引导，飞行中应避开悬崖绝壁和高大树木。④炎热地区机降。炎热地区丛林茂密，虫害较多，天气变化大，人员体力消耗大。人员必须经过适应性训练；起飞机场和降落机场应采取防暑降温措施；加强气象观测，掌握天气变化情况；适当减轻携带武器、装备的重量等。⑤严寒地区机降。严寒地区气候寒冷，地面坚硬，人员易被冻伤。机降时必须着相应的御寒服装，特别注意手、脚和面部的防护；排除机场内障碍物；保障寒区机降的飞机应有加温设备，使机舱内保持适当的温度；参加寒区机降的人员，在航行中应经常活动四肢，保证动作灵活；做好机降人员的保暖、车辆防滑防冻等工作。

（李　勇）

yunshuji jijiang

运输机机降　(air landing with cargo plane)　见机降。

zhishengji jijiang

直升机机降　(air landing with helicopter)　见机降。

tezhongji jijiang

特种机机降　(air landing with special aircraft)　见机降。

kongtou

空投　(airdrop)　用航空器将装备、物资从空中投送到指定地点的方法。空降的一种方式。是空降作战、训练、试验、抢险救灾以及紧急情况下后续补给物资的重要手段。

分类　空投分为带伞空投和不带伞空投。按空投性质，分为作战空投、训练空投、试验空投和专项任务空投；按飞机种类，分为轰炸机空投、运输机空投等；按空投重量，分为小件空投、中件空投和大件空投；按空投高度，分为超低空空投、低空空投、中空空投和高空空投；按离开飞机到开伞的时间，分为延时开伞空投和不延时开伞空投；按开伞方法，分为绳拉开伞空投和遥控开伞空投；按打开投物伞的数量，分为单伞空投和多伞空投；按投掷离机的方式，分为人工空投、重力空投、机械空投、牵引空投；按昼夜，分为昼间空投和夜间空投；按自然地理条件，分为陆地空投和水上空投，其中陆地空投包括：平原、山地、森林地、水网稻田地、高原、炎热地区和寒区空投。



空　投　　　　卢炳广摄

组织实施　通常分预先准备、直接准备、实施3个阶段。①预先准备阶段。主要是选定或检查空投场，制定空投实施计划，进行空投编组，制定装载计划，组织投放人员，组织部队折叠投物伞，包装、捆绑空投物件等。②直接准备阶段。主要是组织装载等。③实施阶段。主要是组织投放人员进一步对空投物件进行检查，做好投放工作，维护空投场秩序，进行空投讲评等。

简史　第一次世界大战期间，在没有军用运输机的条件下，只能使用轰炸机空投小型装备和物资。后来根据作战需要，许多国家的军用运输机和空降技术装备得到较快发展，空投物资的重量，从几十千克发展到几十吨，空投装备从空投小型装备发展到空投坦克和大型火炮。1944年6月，美、英军队实施诺曼底登陆战役中，空投500余门火炮、110余辆轻型坦克和1 000余吨物资。中国人民解放军空军于1950～1953年初为支援地面部队迅速进藏，先后空投了2 400余吨物资。70年代后，翼型投物伞研制成功，自动寻的空投和地面遥控空投得到发展，空投的准确性和安全性得到提高。

随着军用运输机性能的不断提高和电子技术的发展，空投将主要采用超低空牵引空投、大型装备高空自动寻的空投等方法。　（安建民　曹　雄）

daisan kongtou

带伞空投　(airdrop with parachute)　用投物伞将装备、物资从航空器上投送



带伞空投　　卢炳广摄

到指定地域的空投方式。空投的一种方式。投物伞下降速度通常小于8米/秒。又称低速空投。具有着陆冲击力小，装备、物资损坏率低，但散布面积大、包装较复杂等特点。主要用于空投武器弹药、技术装备和容易震坏的物资器材等。适用于人工空投、机械空投、重力空投、牵引空投和随队空投。实施带伞空投时，一般应有投物伞、空投集装箱/网、空投货台以及捆绑系留带(链)等。

(曹　雄)

budaisan kongtou

不带伞空投 (airdrop without parachute) 不用投物伞将装备、物资从航空器上投送到指定地域的空投方式。又称高速空投。通常用于空投粮食、食品、被服等不易震坏的物资。其特点是包装简便、散布面积小、便于集中收集，但着陆冲击力大，物资损坏率较高。空投时根据不同空投物采用相应的包装材料，按照需要将空投物包装捆绑成大、中、小件，捆绑标准以空中不散包为准，装在航空器机舱的传送带或专用滚道上，采用人工、机械传送方法将空投物件投出，或采取地面钩挂方法，即将空投物捆绑系留在专用货台上，当飞机飞至空投区域后降低高度，离地3~5米时抛下钢丝挂钩，挂钩被地面的挂网挂住，将空投物件拉出。空投高度可根据任务及空投物的包装要求，采用不同的高度，一般在100米左右。

(曹　雄)

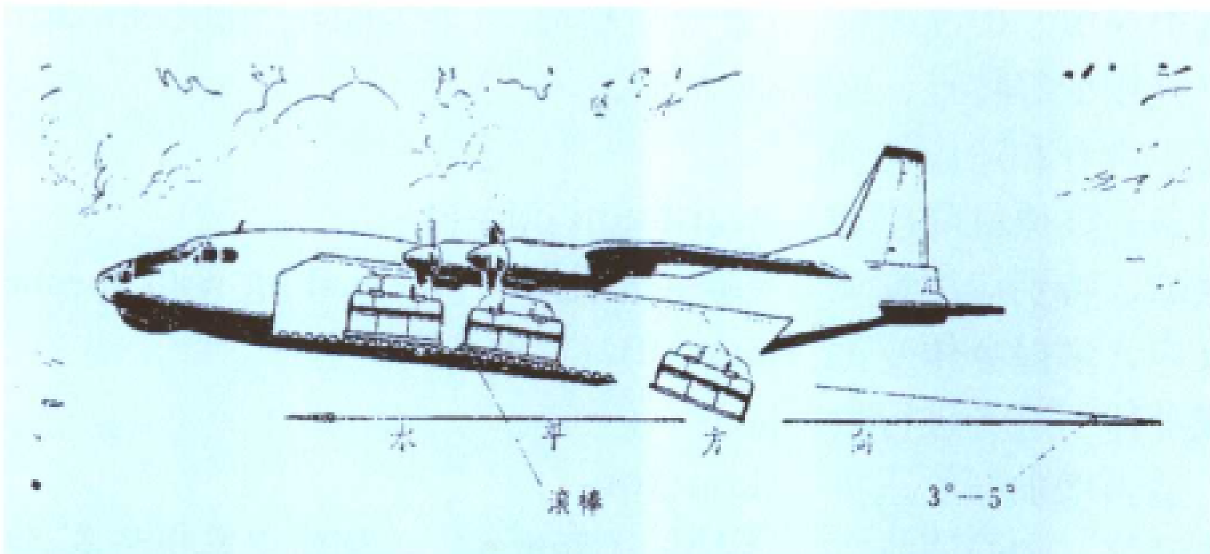
rengong kongtou

人工空投 (manual airdrop) 使用特制滑板或滚筒由人工将装备、物资驱出机舱的空投方式。通常在低空(或高空)低速度条件下采用，适用于空投体积较小、重量在150千克以下的装备和物资。组织简单、费用较低，但费力费时，空投效率较低。投放滑板用优质木料或钢架制成，为保证工作面的光滑，板面上装有木片或竹片，或在底部安装尼龙角轮，主要用于随队物资快速连投。投放滚筒由支架、滚筒和踏板组成，主要用于投放投物袋。

(曹　雄)

zhongli kongtou

重力空投 (gravity airdrop) 利用飞机爬升时的仰角，使装备和物资在重力作用下从滚动装置上自动滑出机舱门的空投方式。通常在开有尾舱门，配备有载重滑轨或专用滚棒系统的运输机上进行。是空降作战、训练、试验、演习以及抢险救灾中常用的一种空投方法。具有节省时间、空投效率高等特点，但对飞行员的驾驶技术要求较高。主要用于空投中、小件装备和物资，可以单件空投，也可以几件连续投放。实施重力空投时，将空投物紧固在特制的货台上，货台置于机舱内的载重滑轨或专用滚棒系统上，并加以制锁。当飞机飞至空投点上空时，用飞机爬升的办法，使物伞系统的重量在飞机飞行相反的方向上产生分力，以克服物伞系统与载重滑轨或滚棒系统间的摩擦力，此时立即解除制锁，使载有空投物的货台滑出机舱。



重力空投示意图

(曹　雄)

jixie kongtou

机械空投 (mechanized airdrop) 利用运输机舱内的专用动力传送装置将物件投出的空投方式。亦称机械传送空投。是空投的一种方法。具有省时、省工、省力的特点。通常在开有尾舱门的运输机上进行，主要用于空投中、小件物资。可进行单件投放或多件连投。实施空投时，将空投物放在传送带上，用紧固装置锁定。当飞机飞至空投点上空时，按下空投按钮，由飞行员控制传送带将空投物移动到舱门，紧固装置自动脱离，将货物滑出机舱。

(曹　雄)

qianyin kongtou

牵引空投 (extraction airdrop) 依靠牵引伞产生的拉力将装备和物资从运输机尾舱门拉出机舱的空投方式。通常适用于空投体积较大、重量较重(2.5~20吨)的装备和物资。牵引空投组织复杂，安全系数要求高，必须通过特制的货台与飞机上相应的专用空投设备才能实施。空投前，将空投物与伞系统固定在货台上，通过货台制锁锁在机内专用的轨道或滚棒上。飞机飞至空投点上空，按下空投按钮，先放出一个按适当牵引比设计的牵引伞，同时打开导轨锁。牵引伞张满后将货台拖出机舱，货台离机瞬间牵引锁打开，牵引伞脱离的过程中将主伞系统拉出，直至主伞充气张开完成空投。

(曹　雄)

dimian yaokong kongtou

地面遥控空投 (remote-control airdrop) 地面人员利用无线电遥控技术，将投物伞引导到指定地点的空投方式。具有空投物着陆准确、损坏率低等特点。地面遥控系统主要由翼伞系统、空中遥控接收机、地面遥控发射机、遥控盒和电源等组成。通常用于小、中件装备和物资的远距离空投。实施遥控空投时，投物伞系统上(一般指翼型投物伞)安装无线电接收机和控制装置，在空投地点安放无线电发射机和遥控控制盒，当空投物从航空器上投出并开伞时，无线电接收机辅助装置开始工作，接收地面无线电发射机发射的引导指令后，通过控制装置，使投物伞实现加速、减速、转向或刹车，准确地降落到指定地点。控制方

式，分为空中自动控制、地面手动控制。根据不同的高度，自动、手动控制方式可互换交替进行。地面遥控空投高度一般不超过1 800米。地面遥控空投的出现，使空投更趋于智能化。

（曹　雄）

zidong xundi kongtou

自动寻的空投　(automatic target-seeking airdrop)　利用无线电遥控技术或全球定位系统，使投物伞自动寻找着陆点的空投方式。具有自动寻找目标、空投准确率高等特点。通常用于装备、物资的高空和远程空投。实施自动寻的空投时，在翼型投物伞系统上安装微电脑控制装置和操作装置，预先将空投场方位及着陆点的地理坐标等信息输入到微电脑控制装置内。当投物伞系统从飞机上投出，投物伞张开正常时，微电脑控制装置开始工作，操作装置按照电脑中预先输入的信息操纵投物伞，使空投物准确降落到指定地点。

（曹　雄）

suidui kongtou

随队空投　(accompanying airdrop)　装备、物资随空降部（分）队空投的方式。包括装备、物资与跳伞人员在同一架飞机上的随队空投和不在同一架飞机上的随队空投。随队空投时，将装备、物资包装捆绑在专用的货台上，到达空降地区上空后，先空投装备、物资，后人员跳伞。同一架飞机上的随队空投使用的投物伞开伞方式，应与人员跳伞的开伞方式相同，以避免因开伞方式不同而影响跳伞人员的安全。（曹　雄）

chaodikong kongtou

超低空空投　(extra-low altitude airdrop)　在100米以下飞行高度的空投方式。通常不使用投物伞，主要用于空投不易震坏的物资和武器装备等。其特点是无主伞系统，结构简单，成本低，捆绑、系留简单，可有效节省空投准备时间，散布面积小，便于空投后的收集。按空投重量，可分为小、中、大件超低空空投。小、中件超低空空投方法与不带伞空投相同。大件装备、物资的超低空空投，一般采用牵引空投的方法，将空投物放在专用货台上，捆绑、系留好，锁定在开有尾舱门的运输机上。当飞机进入空投区，飞行高度降至1.5～3米时，按下空投按钮，释放牵引伞的同时货台锁定机构打开，牵引伞将空投物拉出飞机，在牵引伞拉力和飞机惯性力的作用下，使装有着陆缓冲装置的空投物平稳着地。

超低空空投系统在美国、俄罗斯联邦等国军队中已普遍使用，经过不断地改进与完善，技术已十分成熟，能够一次进入航线连投两辆20吨的坦克，着陆精确度小于100米，着陆后装备能立即投入使用。（曹　雄）

kongtou miaozhun

空投瞄准　(airdrop aiming)　使飞机进入预定空投位置的瞄准。空投物离开飞机后，由于受到惯性作用和风的影响，要沿飞机航迹向前运动一段距离（称射程），有侧风时还偏离飞机航迹下风方向一段距离（叫横偏长）。为使空投物准确空投到指定地点，必须根据空投物的特性和气象条件，使用机上空投瞄准设备引导飞机进入预定的空投位置。方法主要有测角法、测距法和计时法3种。①测角法。利用机上的瞄准设备通过测量角度（瞄准角、倾斜瞄准角、瞄准面倾斜角、瞄准线倾斜角）确定飞机与目标关系位置。根据瞄准角或倾斜瞄准角可以确定飞机沿航迹方向与目标间的距离，如果实际观测的瞄准角大于预定的瞄准角，表示飞机沿航迹方向与目标的距离大于前置量，说明飞机还不到投下点。根据瞄准面倾斜角或瞄准线倾斜角可以确定飞机航迹与目标间的距离，如果实际观测的瞄准面倾斜角大于预计的瞄准面倾斜角，说明飞机沿航迹方向与目标的距离大于横偏长，应进行方向修正使飞机靠近目标。②测距法。根据目标与其附近地物间的关系位置，进行方向和距离瞄准，确定空投时机。根据飞机与前方地物的关系，可以测定飞机航迹与目标的距离是否等于横偏长；根据飞机与侧方地物的关系，可以测定飞机沿航迹方向与目标的距离是否等于前置量。③计时法。根据空投点与目标的关系位置、目标附近的辅助地物等情况选定一个计时基准点，飞机通过计时基准点时开秒表，记时间，根据这个时间来测定飞机与目标之间的距离。通常采用的计时方法有遮蔽计时法（利用目标被机头遮蔽的瞬间作为计时基准点）、目标上空计时法（以目标为计时基准点）和辅助地标计时法（利用空投航路上某一个已知位置的地标作为计时基准点）。用计时法进行空投瞄准，只能解决距离瞄准问题，为了确定计时基准点和进行方向瞄准，还需用测角法或测距法综合进行空投瞄准。

（陈正荣）

kongtou sudu

空投速度　(airdrop speed)　空投时航空器相对空气运动的速度。空投速度决定空投物体的运动轨迹，其大小主要根据航空器性能和空投物体的特性、空投方法、投物伞性能、空投高度等因素确定。通常为130～360千米/时。空投物体离开航空器瞬间，由于惯性作用，其水平运动的速度与航空器空投时的速度相同，随后受到空气阻力和风的影响逐步减速。在相同条件下，空投速度越大，空投物体离开航空器时的初速度越大，投下点到着陆点的水平运动距离越远；同一个航空器在一定时间内对多个空投物体进行连投时，空投速度越大，物体着陆的散布面积越大；低空不带伞空投时，空投速度越大，空投物体着陆时的冲击力越大。

（陈正荣）

kongtou wucha

空投误差　(airdrop error)　空投物实际着陆点偏离预定着陆点的距离。分为方向误差和距离误差。①方向误差。实际着陆点偏离垂直航迹方向的距离。通常规定偏离预定着陆点的右侧误差为正，左侧误差为负。②距离误差。实际着陆点沿航迹方向偏离预定着陆点的距离。通常规定超过预定着陆点的误差为正，不到预定着陆点的误差为负。造成空投误差的因素主要有：测量的资料不准确，空投瞄准设备不精确或瞄准修正动作不好，空投时没有按照预定的高度、速度飞行，空投人员的协同不密切等。不带伞空投时，空投高度、瞄准角和协同时间不准确所引起的空投误差最大；带伞空投时，空中风测量不准确引起的空投误差最大。各种因素所引起的空投误差都随着空投高度的增高和空中风的增大而增大。

（陈正荣）

空军雷达技术

kongjun leida jishu

空军雷达技术 (air force radar technology) 直接应用于空军雷达装备及其研制、使用、管理、维修等技术的统称。空军技术的组成部分，是空军的主要探测和武器控制技术。它和电子器件与线路技术、天线与电波技术、计算机技术、自动化技术等密切相关，是一门综合性技术。

主要内容 空军雷达技术有两个方面：①空军雷达武器装备，包括对空情报雷达、机载雷达、预警机雷达、地面防空武器火力控制雷达、航空管制雷达、气象雷达、天波超视距雷达、导弹末制导雷达、二次雷达与雷达情报自动化处理系统等。②雷达装备使用技术、管理维修技术、发展论证技术、研制管理与监造技术等理论、知识与技能。

对空情报雷达 搜索、监视与识别空中目标并确定其坐标和运动参数的主要装备，是空军雷达兵的基本武器系统。空军雷达兵用对空情报雷达组成的雷达网，监视或警戒空中目标，识别目标的敌我属性与威胁类别，及时发布警报，引导己方飞机实施防空拦截和对地攻击。近程对空情报雷达通常用于雷达网中的低空补盲和为地面防空武器系统作目标指示。现代对空情报雷达大多数能同时测定目标的距离、方位和高度，称为三坐标雷达。对空情报雷达设置在地面、舰艇、升空气球和预警飞机上。

机载雷达 装载在航空器上的雷达，是军用飞机(直升机)上的重要装备。装备在现代歼击机、歼击轰炸机和武装直升机上的多功能火控雷达，采用脉冲多普勒技术，具有下视能力。在空中战斗中能搜索和跟踪多目标，用于控制制导空空导弹。在对地攻击中能搜索、显示和瞄准地（水）面目标，用于控制轰炸瞄准或制导空地导弹。有的多功能雷达还具有气象探测、地形跟踪与地形回避等飞行安全保障功能和对地物成像等侦察功能。现代轰炸机上装备的多功能轰炸雷达，为机上轰炸瞄准具提供目标精确数据，还兼有气象探测、地形测绘等飞行保障功能。机载合成孔径侦察雷达是现代航空侦察武器系统（包括侦察飞机、直升机、大型无人机等）的重要装备，这种雷达能以米级甚至分米级的高分辨力显示地形和地面车辆、坦克等运动目标。有的还能测量出各种目标物的垂直高度，获得三维图像。装备合成孔径侦察雷达与通信指挥设备的侦察飞机构成了一种新的航空兵器，用于战场实时指挥打击系统，是现代空地协同作战中的重要航空武器。机载航行雷达通常装在军用运输机上，用来探测航线上的气象状况和地面地形特征。

预警机雷达 装载在预警机上的对空情报雷达，采用脉冲多普勒技术，通常能全方位探测空中目标，包括超低空目标，并能跟踪多批目标的航迹，可实施指挥引导和向地面指挥中心提供空中情报。预警机雷达对低空目标的探测覆盖范围远大于地面雷达，又能快速机动，是现代对空雷达情报网中的重要装备。

地面防空武器火力控制雷达 与地面防空武器系统配套的雷达，包括高炮瞄准雷达和地空导弹制导雷达。具有精确的目标跟踪能力。通常由目标指示雷达搜索到目标，将目标位置数据传送给火力控制雷达。后者捕获并跟踪目标，提供精确的位置和运动数据，通过瞄准或制导指令设备控制高炮瞄准或导弹制导。炮瞄雷达一般配属小口径高炮。制导雷达根据配属导弹的射程不同，有近程、中程与远程等不同的最大跟踪距离。有的近程火控雷达还兼具控制高炮瞄准与制导地空导弹两种功能。

航空管制雷达 为航空管制系统提供航空器飞行信息的地面雷达，亦称飞行管制雷达，用于监视并向飞行管制中心传送责任区域内航空器的位置、属性和其他信息，保障飞行管制需要。包括：航路监视雷达，对航路上的航空器实施监视；机场监视雷达，保障对进出机场航空器实施近程管制；精密进场雷达，亦称盲降雷达，用以引导航空器在不良能见度情况下进场着陆。

气象雷达 探测云、雨、风等天气现象与气象数据的雷达，是空军气象保障的主要装备。包括测雨雷达、测风雷达、测云雷达等，主要设置在地面，获得气象情报，为空军作战训练提供保障。

天波超视距雷达 能探测到距离在800～3 000千米范围内航空器的超远程雷达。工作在短波波段，依靠大气电离层对发射波与目标回波的反射作用，探测到视距外某一段距离范围内的目标，并能测定目标位置与径向速度。这种雷达探测区域广，但精度不高，雷达系统与阵地建设的投资大，只有少数国家装备，用于战略性远程预警。

导弹末制导雷达 安装在主动型空空导弹和地空导弹导引头上的小型雷达。在导弹飞行到接近目标时，能探测和跟踪目标，并控制导弹飞向目标。这种雷达的体积重量有严格限制，通常工作在毫米波波段，作用距离较近。

二次雷达 发射询问信号并接收目标的应答信号来获取目标信息的雷达。有航空管制二次雷达和敌我识别系统两类。前者是通过地面询问和航空器上应答，获知航空器的位置、高度与编号等信息。后者是雷达的附属设备，通过特殊的询问信号和能否正确应答来获取目标的敌我属性和其他信息。

雷达情报自动化处理系统 通过计算机和现代通信技术，将雷达网探测到的空中目标信息，汇集到雷达情报中心，并进行综合处理，包括滤除干扰和假目标，提取各目标的航迹，区分敌方目标的威胁等级，然后发送到情报需用单位。它是空军指挥自动化系统的重要组成部分和空情信息主要来源。

使用技术 空军各类雷达操作、使用人员掌握、使用雷达武器装备的技能。对雷达装备的熟练操作，包括对目标的属性判别，对多批目标在复杂环境中的航迹跟踪，掌握各种电子干扰的特点与雷达反干扰措施的运用，对敌方轰炸与反雷达导弹的威胁判断和反摧毁措施的运用，对雷达日常维护保养，熟悉雷达机内检测系统用以判别和排除雷达故障等操作。掌握雷达使用技术，除在实际操作使用中学习外，还可利用各种雷达模拟器。新一代雷达模拟器将具有灵境（虚拟现实）功能，使操纵者进入与实际作战环境十分逼真的模拟环境中实施操作训练，是全面、有效和经济的培训使用技术手段。开展技术革新是提高使用技术的重要措施。

管理维修技术 对雷达武器装备从部队接收直至退役报废，实施科学管理、

正确使用、及时维修，保持和恢复雷达的战术技术性能，使之处于规定的战备状态的技术。主要包括：①雷达武器装备管理技术，即制定雷达储存、调配、使用、维修、改进等管理法规并监督执行的技术。②维修技术，包括应用系统理论制订雷达武器装备维修法规，进行维修技术研究，编制和发行各种装备的维修指南，培训专业维修技术人员和对广大操纵员普及雷达检测、保养和战时抢修等技术。③储存和延寿技术，指雷达武器装备在各种不同条件的库房中长期存储，定期通电检查和保养，以保持完好状态；合理更换薄弱的或限定寿命的零部件，充分挖掘雷达系统原设计寿命潜力，延长雷达武器装备出厂后服役年限等技术。

发展论证技术 空军在论证发展新雷达和改进现有雷达过程中所应用的技术，包括新雷达发展规划论证、主要作战使用要求与战术技术指标论证、总体技术方案评审、样机鉴定和试用以及现有雷达改进规划和技术方案论证、评审和改造样机鉴定等。空军雷达武器装备的论证工作主要由空军所属研究机构承担。论证的目的在于使技术复杂、价格昂贵的现代雷达武器装备具有符合空军作战训练要求的品种与数量、优良的使用性能、合理的研制（或改进）成本和周期以及最大的全寿命效能费用比。论证技术的基本内容包含雷达战术技术信息的收集和研究、同类雷达的对比分析、计算机数字仿真和半实物仿真、样机性能指标测试和样机检飞考核。其中计算机仿真是论证技术中的重要部分。在实验室中利用计算机、模拟器和部分实物或模型，在典型环境下模拟雷达在作战过程中的动态行为，得出其性能数据。通过变更模拟雷达技术指标、环境参数与目标参数，可以比较各种雷达技术方案的优劣，也可预测雷达对不同环境与不同目标的反应。仿真不仅为雷达指标论证与方案评审提供依据，亦为样机鉴定检飞节省试验次数和检飞架次。内场测试、外场检飞与部队试用是鉴定新雷达或改进后雷达不可缺少的技术过程，采用自动化测试设备和记录设备、制定和更新检飞与试用的标准(规范)是这些技术的进步方向。经过鉴定和部队试用，确定其达到原论证和批准的性能要求与质量保证后，由空军机关组织该雷达武器装备的定型。

研制管理与监造技术 对空军雷达装备在工厂（研究所）中研制或生产过程中进行签订合同、监督质量和检验验收的技术。空军装备部门根据批准的雷达战术、技术要求和总体技术方案与工厂（研究所）签订研制合同。在研制过程中监督厂（所）质量保证体系的运作，对研制完成的雷达样机进行测试检验，并参加样机的技术鉴定，组织试用，确认样机全系统符合战术技术要求与相应技术指标，具备规定要求的图纸与文件资料，向空军机关提供样机定型的评价意见。对于在工厂（研究所）批量生产的已定型雷达武器装备，空军驻厂（所）军代表负责监督产品的质量、检验生产过程中的重要部件，验收整机产品，并对产品的成本价格进行分析核算，对产品的生产周期进行检查与协调，确保雷达武器装备的订货能优质按期完成。

发展简史 雷达技术是在无线电技术基础上发展起来的，首先应用雷达技术的是空军。英国从1935年起大力进行雷达的研制与雷达警报站的建设。到1939年英国已经部署了覆盖东海岸的陆基防空雷达网，即“本土链”（Chain home）系统，并且掌握了防空雷达警戒引导系统的使用技术。在*不列颠之战*中，这一系统发挥了巨大的军事效能。1940年英国空军又组织研制了机载雷达，装备在夜间作战的*战斗机*上。美国在30年代后期研制和装备防空警戒雷达，1940年后英、美两国合作发展了微波雷达技术，提高了雷达的定位精度，缩小了雷达的体积重量，使雷达不仅成为陆基和舰载的警戒引导和火炮射击瞄准装备，也成为*作战飞机*火力控制装备。在二次大战结束时雷达已是美、英等国空军一种成熟的武器装备。雷达使用技术与管理维修技术亦得到相应的发展。在第二次世界大战前与战争中，苏联、德国、日本等国空军各自研制和装备了雷达，主要用于防空警戒引导、高射炮火力控制，亦用于装备夜间作战飞机。

20世纪后半期，半导体微电子技术与计算机技术的进步，促进了雷达技术的发展。雷达新技术在空军中得到应用，其中突出的*有动目标显示技术*、三坐标雷达技术、相控阵雷达技术、固态化雷达技术、合成孔径与逆合成孔径雷达成像技术、毫米波雷达技术、导弹雷达导引头技术、雷达反干扰技术、雷达反隐身技术、雷达对抗反辐射武器技术、雷达自动化录取与显示技术、雷达系统内部自动检测技术与雷达维修自动测试技术等。

中国人民解放军空军50年代初开始装备雷达。中国自力更生建立了雷达科研基地和生产工厂，研制和生产了多种类型的雷达，大量装备部队，保证了空军的基本需要。空军在作战与训练实践中掌握了雷达装备管理与使用技术，发展了雷达装备维修、雷达装备论证与监造等技术，培养了一大批雷达技术人才。90年代空军开始装备固态化相控阵三坐标引导雷达、相控阵地空导弹多目标制导雷达、机载脉冲多普勒多功能火控雷达，空军雷达的使用纳入*空军指挥自动化系统*。

展望 随着信息技术的发展，信息战将成为军事斗争的一个重要方式。电子战是信息战的主要部分，雷达在电子战中首当其冲。雷达武器装备将进一步提高性能，尤其是提高电子防御能力，使雷达具有反侦察、反干扰、抗反辐射武器攻击、探测隐身目标的能力。雷达将能从目标中提取更多信息。目标成像技术将成为空军地面和机载雷达多种功能之一。在空军航空武器系统与导弹武器系统中，雷达仍是主要的传感器与目标信息来源。雷达与其他传感器将融合在武器系统的一体化设计中。 （郦能敬）

leida

雷达 (radar) 利用电磁波发现目标并测定其位置和有关信息的电子设备。雷达是英文缩略词radar（全称为radio detecting and ranging）的译音，原意是无线电探测和测距。雷达具有探测距离远、测定坐标速度快、能全天候使用等特点。在军事上，雷达是现代战争不可缺少的电子技术装备。在预警探测、武器控制、侦察、测量、航行保障、气象观测、敌我识别等方面获得广泛应用。雷达也广泛应用于国民经济和科学研究，如交通、气象、资源探测、大气物理、天体研究、航天等许多领域中。

原理和组成 雷达包括*脉冲雷达*和*连续波雷达*两大类。脉冲雷达居于主要地位。普通老式的脉冲雷达为自由振荡式雷达。全相参脉冲雷达为主振放大式雷达，主要由天线、馈线（包括收发转换开关）、发射、接收、信号处理、终端、天

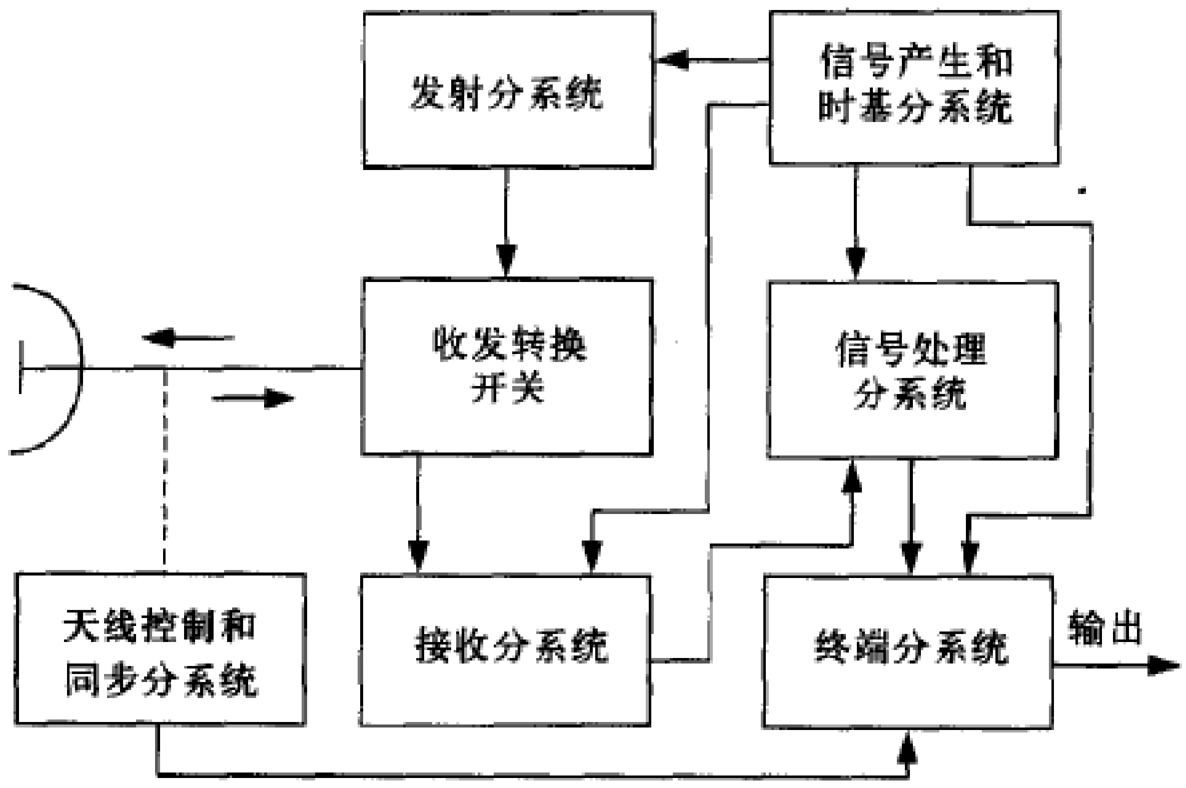


图 1 典型脉冲雷达组成方框图

线控制和同步、信号产生和时基、电源等分系统组成（图1）。此外，跟踪雷达还有跟踪分系统。现代雷达有比较全面的监测和控制分系统。

在定时信号的控制下，发射机产生大功率射频脉冲信号，通过馈线、收发转换开关送到具有强方向性的天线，将射频振荡脉冲转变为电磁波，向空间定向辐射，并以光速传播。当电磁波遇到各种目标时，就会向各个方向产生散射，其中的一小部分电磁波能量返回雷达，称为回波信号，包括所要探测目标的有用信号和不需要目标的杂波信号。回波信号由天线收集，经过馈线、收发转换开关进入接收分系统、信号处理分系统和终端分系统。全相参雷达发射机末级采用大功率放大器（如三极管、四极管、行波管、速调管、前向波管放大器等）或大功率半导体固态器件组件。普通自由振荡雷达发射机采用大功率振荡器（如磁控管、三极管、四极管等）。根据雷达的功能，要把发射机的信号调制成具有某种波形的信号。脉冲信号可以是一般的矩形脉冲信号，也可以是相位编码或调频形式的脉冲调制信号（脉冲压缩雷达用）。雷达天线在方位和仰角上，以具有预定形状的一定波束宽度的波束辐射电磁波。天线形式可以是反射面天线或是阵列天线。辐射的电磁波可以是水平极化、垂直极化或圆极化。为了使雷达能够在各个方向广阔空域内搜索、发现和跟踪目标，通常采用机械转动天线或电子控制波束扫描的方法，使天线的定向波束以一定的方式在空间扫描。现代雷达中，还有用信号处理的方法同时形成多个波束(DBF)，以覆盖所需探测的空间。天线控制和同步分系统用于控制天线波束指向，并为终端分系统提供指向的角度数据。雷达回波信号是很微弱的，而且总是混叠在干扰噪声背景中，影响对有用信号的检测。雷达中一般采用超外差式接收机。前端设置低噪声射频放大器，经混频器变换成中频，进行放大和匹配滤波，检波后变成视频信号。在接收分系统中还设置一定的抗干扰措施，对干扰信号进行抑制。信号处理分系统对接收机输出的正交视频信号进行处理。如脉冲压缩处理、杂波滤除处理、恒虚警率处理和视频信号积累等。终端分系统对目标信号进行检测、点迹录取、航迹处理、显示和输出。最常见的显示器有A型（距离显示器）、B型（距离、方位显示器）、PPI型（平面位置显示器）和RHI型（距离、高度显示器）等。信号产生和时基分系统主要产生所需的多种频率信号和定时信号等。定时信号是雷达的时间基准，用于控制雷达各部分同步有序的工作。收发转换开关保证了脉冲雷达用同一副天线兼作发射和接收之用。用于目标跟踪的雷达，还具有角跟踪、距离跟踪、速度跟踪等功能。监测和控制分系统用于雷达主要性能和主要故障的监测，以及雷达一些工作状态的控制。电源是供给雷达各部分所需的能源。

雷达测量目标的距离实际上是测量雷达信号从雷达到目标，然后返回雷达所需的时间。用光速乘以该时间的一半，得到雷达到目标的距离。目标方位角和仰角则利用天线波束的指向特性测定。根据目标距离和仰角可以计算得到目标的高度。一般的两坐标雷达只测量目标的距离和方位，配上专门的测高雷达可以得到目标的三维坐标。而三坐标雷达以高的数据率同时测量目标的三维坐标。当雷达和目标之间有相对运动时，雷达接收到的目标回波频率与雷达发射电磁波的频率不同，两者的差值称为多普勒频移。若目标作接近雷达运动，则接收到的回波频率高于发射频率，反之则低于发射频率。多普勒频移量与目标运动速度的径向分量成正比。据此可以测得目标径向速度的大小。采用动目标显示技术、动目标检测技术、脉冲多普勒技术，抑制杂波（山脉、建筑物、海浪、云雨及箔条干扰物等回波），利于从杂波背景中检测运动目标回波信号。

连续波雷达发射和接收连续波信号。单一频率连续波雷达，是一种最简单的雷达形式，容易获得运动目标与雷达之间的径向速度，但无法测得目标距离。调频连续波雷达发射调频连续等幅波，可以测量目标的径向速度和目标距离。连续波雷达主要问题是发射信号泄漏进入接收机，影响接收机工作，必须采取措施加以解决。

分类 雷达有多种分类方法。按用途分，军用雷达主要有：用于预警探测的雷达，如对空情报雷达、对海警戒雷达、机载预警雷达、超视距雷达、弹道导弹预警雷达等；用于武器控制的雷达，如炮瞄雷达、导弹制导雷达、鱼雷攻击雷达、机载截击雷达、机载轰炸雷达、导弹末制导雷达和弹道导弹跟踪雷达等；用于侦察的雷达，如战场侦察雷达、炮位侦察校射雷达、活动目标侦察校射雷达、侦察与地形测绘雷达等；用于航行保障的雷达，如航空管制雷达、航行雷达、航海雷达、地形跟随和地形回避雷达、多普勒导航雷达等；用于气象观测的雷达，如测风雷达、测云雷达和测雨雷达等；用于识别被雷达发现的目标敌我属性的雷达敌我识别系统。按同时测定目标坐标的维数情况，可分为三坐标雷达、两坐标雷达和测高雷达。按载体的不同，可分为地面雷达、机载雷达、舰艇雷达、弹载雷达、气球载雷达、航天雷达等。按工作波段不同，可分为短波雷达、米波雷达、分米波雷达、厘米波雷达、毫米波雷达、激光雷达等。按接收目标信号能源的性质可分为一次雷达、二次雷达和无源雷达。二次雷达是发射询问信号并接收目标的应答信号来获得目标信息的雷达；无源雷达是本身不发射电磁波，只接收目标辐射的电磁波或目标被其他辐射源照射时散射的电磁波来实时获得目标信息的雷达。按雷达实现的体制，可分为脉冲雷达、连续波雷达、双/多基地雷达、相控阵雷达、脉冲多普勒雷达、合成孔径雷达、逆合成

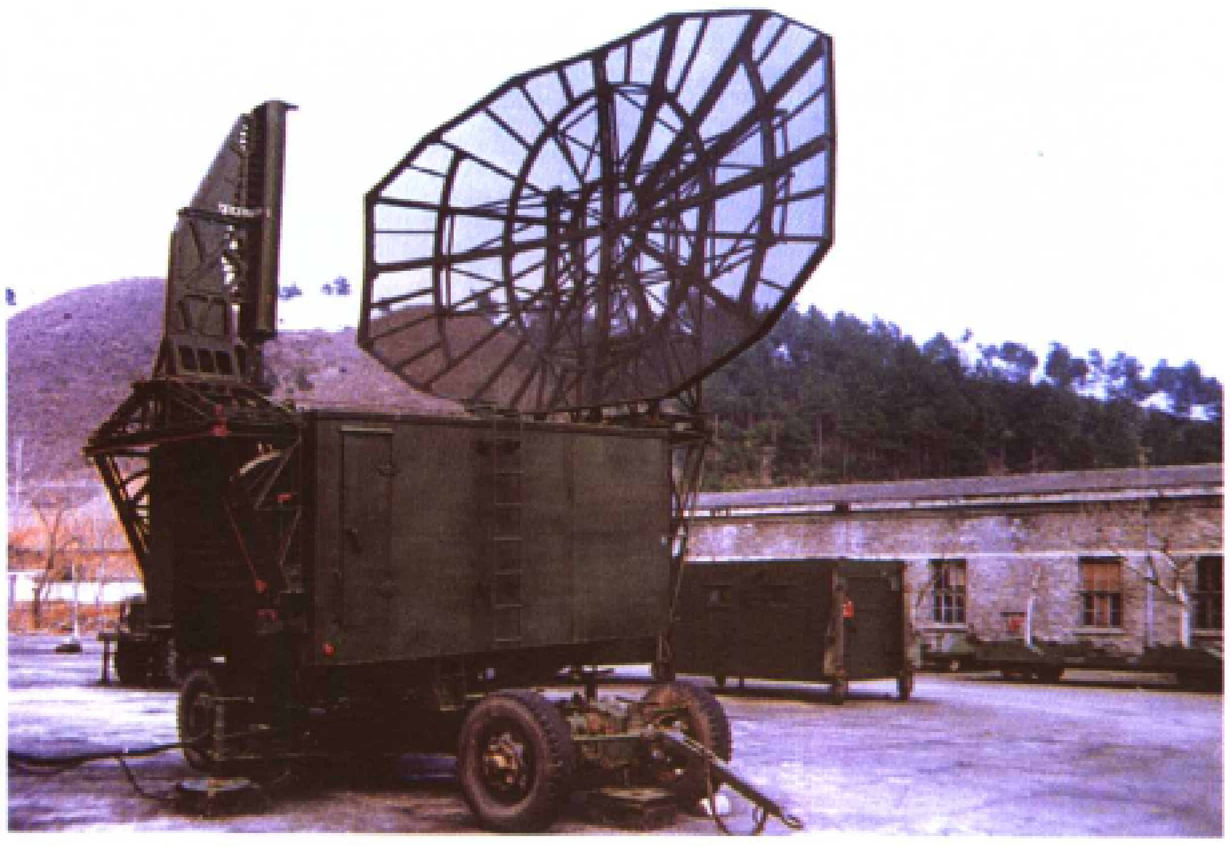


图2 中国三坐标引导雷达

孔径雷达、稀布阵综合脉冲孔径雷达等。此外，按采用某些特殊技术措施分，又有单脉冲雷达、频率捷变雷达、脉冲压缩雷达、动目标显示雷达、低截获概率雷达、超视距雷达等。

在空军中的应用 雷达在空军作战、训练中得到广泛的应用。主要有：

用于预警探测的雷达 ①对空情报雷达。主要用于搜索、监视与识别空中目标并确定其坐标和运动参数。包括警戒雷达、引导雷达（图2）和目标指示雷达等。提供的情报主要用于发布防空警报、引导歼击机截击敌方航空器和为防空武器系统指示目标，也用于保障飞行训练和飞行管制。②预警机雷达。安装在预警机上，用于探测空中各种高度上(尤其是低空、超低空)的飞行目标或海上目标，兼有警戒和引导等多种功能。它具有良好的下视能力和便于机动等特点。也是一种对空情报雷达。③超视距雷达。包括天波超视距雷达和地波超视距雷达。其中天波超视距雷达是利用大气电离层对短波的反射作用探测目标，能探测地平线以下的目标。能及早发现刚从地面发射的弹道导弹和低空飞行的飞机、巡航导弹等目标。

用于武器控制的雷达 ①炮瞄雷达。用于高射炮武器系统，自动跟踪空中目标，连续测定目标坐标实时数据，并通过射击指挥仪控制高炮瞄准射击。②地空导弹制导雷达（图3）。用于引导和控制地空导弹的飞行。③机载截击雷达。安装在歼击机、歼击轰炸机上，主要用于为发射空空导弹、火箭弹和航炮瞄准等提供目标数据。④机载轰炸雷达。安装在轰炸机上，主要用于对地（水）面目标进行瞄准轰炸、制导空地导弹，也可用于领航。⑤导弹末制导雷达。安装在导弹上，在导弹飞行的末段，自动控制导弹飞向目标。

用于空中侦察与地形测绘的雷达 是一种机载雷达，提供地（水）面固定目标和运动目标的位置和地形资料，具有很高的分辨力，可获得清晰度很高的图像。

用于航行保障的雷达 ①航空管制雷达。探测、收集并向飞行管制中心传送责任空域内飞行器的位置、属性和其他信息，保障飞行管制的需要。包括航路监视雷达、机场监视雷达、二次监视雷达及精密进场雷达等。②航行雷达。安装在飞机上，用于观测载机前方的气象状况、空中目标和地形，保障飞机准确航行和飞行安全。③多普勒导航雷达。利用多普勒原理专门精确测定载机的偏流角和地速，为载机提供导航信息，还可为射击、轰炸系统提供所需数据。④地形跟随和地形回避雷达。安装在飞机上，用来探测载机前方地形变化、显示地物，提供控制飞行信息，保障飞机低空、超低空飞行安全。

用于气象观测的雷达 为保障航空、高射炮射击，以及其他军事行动提供气象情报。

此外为了识别目标的敌我属性，还采用雷达敌我识别系统，它是一种二次雷达，由询问机和应答机组成，采用密码询问和应答方式工作。

简史 1922年，意大利G.马可尼发表了用无线电波可能检测物体的论文。同年，美国海军研究实验室用双基地连续波雷达进行无线电探测试验，能发现在其间通过的船只。30年代初，欧美一些国家开始研制探测飞机的脉冲调制雷达。1936年，英国人R.A.沃森－瓦特（R.A.Watson-Watt）设计的“本土链”对空警戒雷达，部署在英国东南部沿海地区，投入使用。1938年，英国又研制歼击机装载对海搜索雷达ASV Mark Ⅱ。同年，美国XAF型舰艇雷达投入使用。与此同时，德国、苏联、日本等国家也独立进行了雷达研制工作。

第二次世界大战期间，由于战争的需要，雷达技术发展极为迅速。大战初期，德国首先研制成大功率三、四极电子管，把工作频率提高到500兆赫以上，提高了雷达测量精度。1939年，英国发明了频率为3 000兆赫的磁控管。大战后期，美国进一步把磁控管的频率提高到10吉赫。1943年中期，美国研制成精密自动跟踪炮瞄雷达SCR-584，它与指挥仪配合，大大提高了高炮射击的命中率。20世纪50～60年代，由于航空与航天技术的进步，促进了雷达的迅速发展。60～70年代，计算机、微处理器、微波集成电路、大规模集成电路、低噪声晶体管放大器和大功率晶体管放大器，80年代的超大规模和超高速集成电路等应用到雷达上，使雷达性能大大提高，同时减小了体积和重量，提高了可靠性。在雷达新体制、新技术方面，40年代，比幅式单脉冲跟踪和动目标显示技术获得突破。50年代比较广泛地采用了动目标显示、单脉冲测角和跟踪，以及脉冲压缩等技术，出现了合成孔径雷达。60年代出现了相控阵雷达，美国大型相控阵卫星跟踪雷达投入使用。出现了高频天波超视距实验型雷达，能够突破视距的限制，探测数千千米的目标。70年代发展了固态相控阵雷达和机载脉冲多普勒雷达。随着科学技术的进步，雷达技术也不断发展，出现了许多先进雷达，使雷达的功能不断增强，性能不断提高，应用更加



图3 美国“爱国者”地空导弹制导雷达

广泛。

中国从20世纪50年代初开始发展雷达工业。自行研制和生产的多种类型的用于预警探测、武器控制、侦察、航行保障和气象观测等雷达，已大量装备部队，多种雷达应用到国民经济和科学研究等领域。雷达体制和技术也得到迅速发展。

发展趋势 进一步提高雷达的快速反应、精确定位、目标识别和抗干扰、反侦察、反隐身、抗反辐射武器等能力。应用微电子学和固态技术成果，发展固态雷达；发展多功能相控阵雷达；发展高分辨力成像雷达，获得目标更多的信息，提高目标识别能力；发展和应用其他新体制雷达，如双/多基地雷达、无源雷达等；应用多种雷达和多种探测器进行信息融合；发展雷达自适应技术；应用数字技术和计算机技术实现雷达操作、抗干扰、自检和综合诊断等自动化；提高雷达的可靠性等。

（徐炎祥）

duikong qingbao leida

对空情报雷达 (air surveillance radar) 搜索、监视与识别空中目标并确定其坐标和运动参数的雷达。亦称对空监视雷达。它所提供的情报，主要用于发布防空警报、引导歼击机截击敌方航空兵器和为防空武器系统指示目标，也用于保障飞行训练和飞行管制。是现代战争中获取空中目标情报的重要技术装备。

分类 按用途，分为警戒雷达（图1）、引导雷达、目标指示雷达（图2）等。按同时测定目标坐标的维数，分为三坐标雷达、两坐标雷达和测高雷达；按探测距离的远近，分为远程、中程和近程雷达；按雷达运载平台，分为地面、水面和升空（包括机载、气球载和卫星载）雷达。

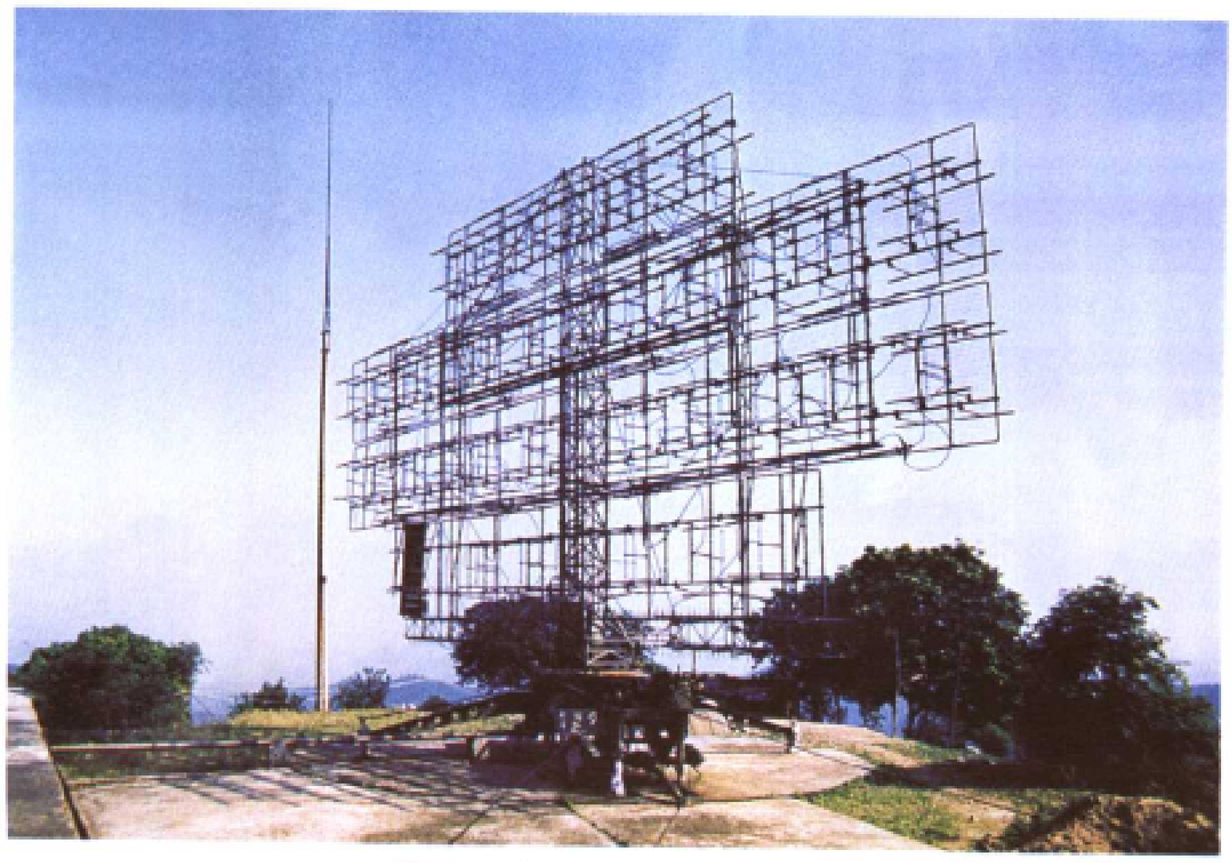


图1 中国远程警戒雷达

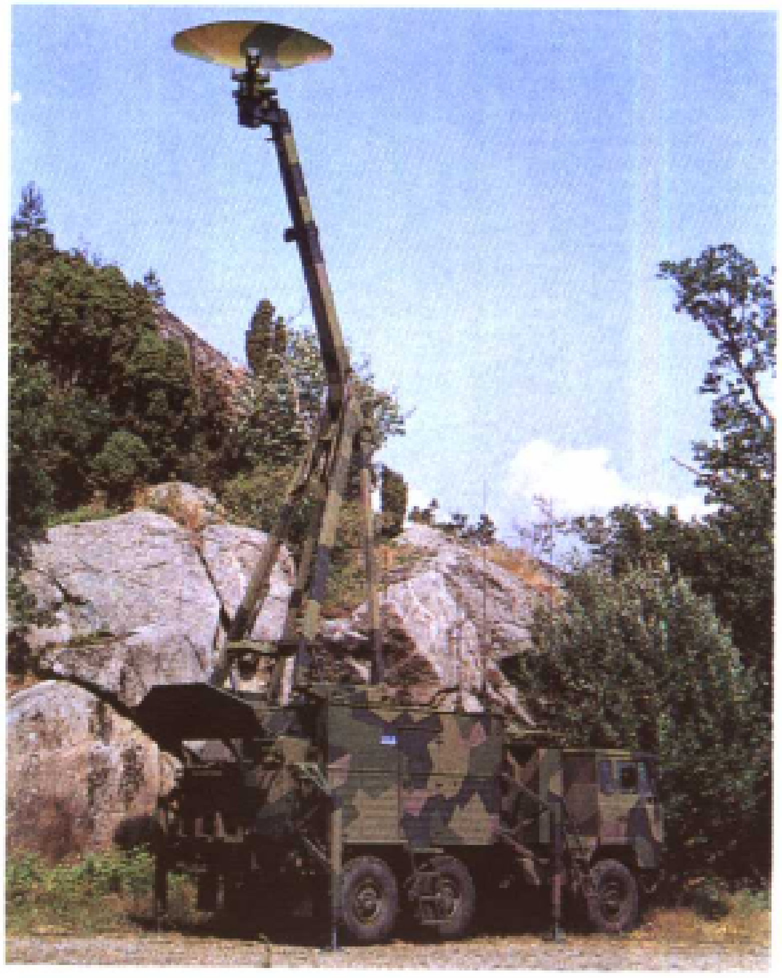


图2 瑞典长颈鹿低空目标指示雷达

战术技术性能 主要包括：探测范围、搜索周期（或数据率）、情报容量、反侦察、反干扰与抗反辐射武器能力、反隐身技术能力、机动性、可靠性、维修性、测定目标的精度和分辨力等。探测范围是指雷达天线扫描一个周期所能探测到目标的空间范围，通常是环形的，也有扇形的。探测范围的边界是根据对规定的标准目标、能发现的概率值来确定。搜索周期是指雷达天线扫描规定范围的时间，数据率即其倒数。情报容量是雷达在单位时间内的空情处理能力，现代雷达具有自动录取设备，天线每搜索一周，可处理数十至数百批空情。反侦察、反干扰与抗反辐射武器能力是对空情报雷达在电子战环境中的关键性能，通常采用多种反侦察与反干扰技术来降低雷达被敌方侦察截获的概率并抑制敌方对雷达的有源和无源干扰，还采用探测告警与诱饵引偏技术来对抗敌方的反辐射武器对雷达的攻击。反隐身技术能力是指雷达对有隐身性能的目标具有的探测能力，自隐身飞机出现并在作战中呈现其缩减防空雷达探测范围的效能后，成为对空情报雷达一项重要指标。机动性是指雷达架设和撤收所需的时间和人力，以及雷达运输的方式和运输时所需的运载平台的能力及其数量。对空情报雷达通常具有良好的可靠性和维修性，即具有较长的平均无故障间隔时间和较短的平均故障修复时间，以保证长时间的连续工作。

雷达用途不同，测定目标的精度和分辨力等主要性能亦有差别。警戒雷达用于监视规定的空域，早期报知目标的出现。通常是两坐标雷达，它一般具有较大的探测范围，但只能测定目标的距离和方位，测量精度和分辨力较差。

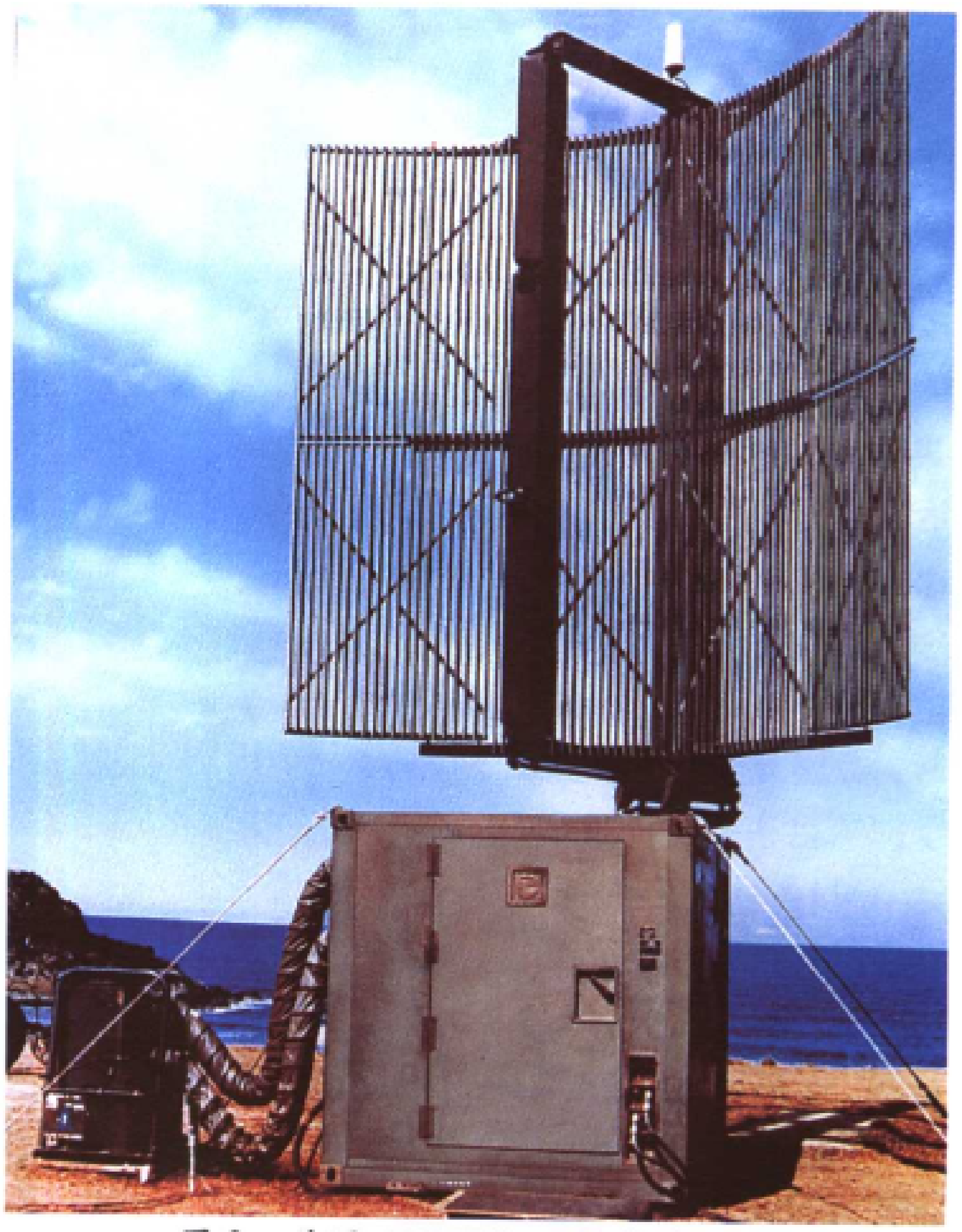


图3 美国AN/TPS－63低空雷达

引导雷达用于引导歼击机截击敌方航空器，引导范围一般小于警戒雷达的探测范围，但精度、分辨力、数据率较高。两坐标引导雷达不能测定目标高度，常配备测高雷达提供所需高度参数。测高雷达具有水平方向宽、垂直方向窄的天线波束，在仰角上进行扫描，以测定目标的高度。V型波束引导雷达是早期出现的三坐标雷达，能在一次扫描中测定目

标的距离、方位和高度，但目标容量较少。堆积波束三坐标雷达通常具有多路接收通道和相应的多个天线波束，应用计算机处理目标信息。其功能比一部两坐标雷达和多部测高雷达配合工作远为先进，但结构复杂，造价较高。

目标指示雷达为高射炮和地空导弹部队提供防区内的全部空情，并为防空武器系统指示目标的坐标，使武器系统的雷达或其他瞄准装备能迅速捕获目标，它一般为近程或中程雷达，有较高的数据率和精度。为便于转移，地面目标指示雷达一般都有较强的机动能力。

天波超视距雷达工作在短波波段，有长达数百至千余米的天线阵，利用大气电离层的反射作用，能探测距离800～3 000千米的飞行目标，但定位精度较低，通常用于战略性的预警监视。

预警机雷达通常采用脉冲多普勒体制，能在强地物干扰中探测到从高空到超低空的飞行目标和水面舰船，兼有警戒和引导等多种功能。预警机有很高的机动能力与较长的巡航时间，在现代战争中有重大军事效能。

对空情报雷达中专门用于搜索低空和超低空飞行目标的雷达，称为低空雷达（图3）。它具有较大的低仰角的探测范围和动目标显示能力，能从较强地物反射的杂波中鉴别出低空飞行的目标。低空雷达由于受地球曲面的限制，探测距离一般较近，数据率和自动化程度则较高。气球载雷达是一种新型低空雷达。气球由缆索系留在空中，升空高度可达3 000～4 000米，雷达能探测距离达200～250千米的低空目标。低空雷达用于舰上与海岸时通常可兼顾探测水面目标。

陆军野战部队使用的对空情报雷达，也称野战防空雷达。它一般为中近程雷达，具有较高的机动性，能跟随部队迅速转移。

战斗使用　对空情报雷达常采用不同频率、不同性能的多部雷达组成雷达网。各雷达的探测范围互相衔接，并有一定的重叠，从而构成一个严密的、不易被干扰和破坏的警戒引导网络。现代化雷达网采用计算机和数字通信设备，自动录取、传递和处理目标情报，极大地提高了雷达网的效能。

简史　20世纪30年代初期，英国、美国、德国、苏联等国家为了加强防空

几种对空情报雷达性能简表

种类	制造国家和型号	对小型喷气飞机的探测范围		测量精度			数据率(次/分)	机动性	反侦察反干扰与抗反辐射武器措施
		距离(km)	高度(m)	测距误差(m)	测向精度(度)	测高误差(m)			
警戒雷达	中国 J-27	不小于450	不小于30 000	300	1		6	移动式	频率捷变，脉冲压缩，动目标显示，恒虚警技术等
引导雷达	美国 AN/TPS-70	不小于300	不小于20 000	小于100	小于0.5	305（在185km内）	6	机动式	三坐标雷达，频率捷变，编码脉冲压缩，低副瓣天线，动目标显示，恒虚警技术等。配备导弹告警设备与引偏诱饵
目标指示雷达	瑞典 超长 颈鹿	不小于40	不小于3000	小于500	小于0.5		60	机动式	动目标显示
测高雷达	俄罗斯 КОН У С	不小于200	不小于30 000	1000	2	300～500	30	机动式	改进型有机械变频，动目标显示
低空雷达	中国 JY-9	180	不小于6 000	小于100	小于0.5		6/12	机动式	频率捷变，脉冲压缩，动目标显示，恒虚警技术
天波超视距雷达	美国 AN/TPS-71	800～3 000	100 000以下	小于20 000	小于1		相控波束扫描	可重架设式	频率捷变，调频连续波体制，多普勒频域滤波，二维恒虚警检测技术
预警机雷达	美国 AN/APY-1/2	300	20 000	小于100	小于0.3	1 000（在200km内）	6	飞机载，能高速远距离机动	捷变频，脉冲压缩，多普勒频域滤波，二维恒虚警技术

竞相研究雷达。世界上第一批可实用的雷达是英国于1936年部署在其东南沿海的“本土链”警戒雷达。这些雷达使用短波频率，能探测到200千米的飞机，在不列颠之战中发挥了巨大作用。40年代初期，美国和英国生产出精度高的微波雷达，也就是早期的引导雷达、测高雷达和目标指示雷达。在此期间，德国、苏联与日本亦研制生产了各自的对空情报雷达。第二次世界大战后，随着航空兵器性能的提高和电子技术的进步，对空情报雷达的性能亦得到不断改进。50年代，对空情报雷达的探测距离与精度迅速提高，并且发展了反干扰技术。例如研制成功动目标显示雷达，能有效消除地面杂波干扰和敌方投放的箔条干扰。60年代，又陆续研制出脉冲压缩、频率捷变、相控阵等新体制雷达，进一步提高了搜索、定位能力和反干扰能力。70年代以来，大规模集成电路和计算机的迅速发展，促进了对空情报雷达性能和自动化程度大幅度提高，雷达能自动录取目标并传递其数据，自动检查与指示雷达部件故障，自动改变雷达技术参数以适应目标特性和电子战环境的变化等。90年代预警机雷达成为许多国家空军的雷达装备。部分国家正在研制使用天波超视距雷达。

发展趋势　进一步提高抗侦察干扰、抗反辐射武器、抗隐身技术和抗低空突防等“四抗”能力和战场生存能力；将从探测到的目标上提取更多信息，如目标的类型、形状、姿态等；发展能自动分析环境条件与目标特征、自动选择技术对策的智能化雷达；发展双／多基地雷达、稀布阵综合脉冲孔径雷达等新体制雷达；卫星载预警雷达将是一个重要研究方向。

（郦能敬）

jingjie leida
警戒雷达　(warning radar)　见对空情报雷达。

yindao leida
引导雷达　(vectoring radar)　见对空情报雷达。

dikong leida

低空雷达 (low-altitude radar) 见对空情报雷达。

chao yuancheng yujing leida

超远程预警雷达 (super distance warning radar) 对空间目标和大气层内的远程战略目标进行早期预警的雷达。地面雷达预警网的组成部分。一般探测距离大于1 000千米。主要任务是在其责任方位观测区内对弹道导弹、战略轰炸机等目标不间断地搜索监视，把探测到的目标上报预警指挥系统，同时将目标参数传送给反导弹拦截系统的目标跟踪雷达和识别雷达以及防空预警探测系统，为反导弹拦截系统和防空系统提供早期预警信息。

类型与特点 现代超远程预警雷达包括超远程相控阵雷达和天波超视距雷达等。①超远程相控阵预警雷达对空间目标进行搜索、截获、跟踪和编目等，不仅能测量目标的三维坐标，还能进行轨道识别，区分导弹与卫星，对探测到的弹道导弹给出弹着区和落地时间，估计威胁程度，实现对弹道导弹等空间目标的早期预警。对航空器目标能有大的探测范围，保障实施远程区域作战引导。特点是：采用两维相扫体制，同时测量目标的距离、方位、仰角和速度；作用距离远、预警时间长，探测距离为4 000～5 000千米的超远程相控阵雷达，对洲际弹道导弹能提供15～25分钟的预警时间，对潜地弹道导弹能提供2.5～20分钟的预警时间，对距离400～600千米、高度30千米以下的巡航速度的轰炸机能提供20～30分钟的预警时间；目标容量大，通常情况下能同时跟踪数百批目标；数据率高，跟踪状态下对每个目标的数据采样间隔时间按目标威胁度及特性来决定，通常在0.1～1秒之间；由于要对弹道导弹或卫星进行定轨，测量精度要求高。超远程相控阵预警雷达要探测数千千米远的目标，因此需要采用超大型固定天线和超大功率发射机。②天波超视距雷达利用电离层的反射，可探测到800～3 000千米范围内电离层以下的目标。它只能测量目标的方位和距离，测量精度和分辨力比较低，但观测远距离低空目标的能力强。

简史 20世纪50～60年代，超远程预警雷达采用固定阵面的机电扫描体制和抛物面单脉冲体制。典型型号是美国军队机械扫描的AN/FPS−50雷达和抛物面单脉冲体制的AN/FPS−49雷达。因机械扫描雷达不能满足洲际导弹防御的需要，1968年美国研制出高功率大型相控阵AN/FPS−85雷达，它能检测、跟踪和识别地球轨道目标和弹道导弹。1976年为替换AN/FPS−85等雷达，开始研制AN/FPS−115雷达，亦称“铺路爪”，它是美国空军的全固态相控阵潜地弹道导弹预警雷达，也用于空间监视，对人造卫星等空间物体进行编目。该雷达工作频率420～450兆赫，天线为双阵面的平面阵结构，采用分布式馈电方式。每个阵面的直径30.6米，输出的平均功率150千瓦。该雷达方位覆盖240度，对雷达截面积10平方米的目标，探测距离可达4 800千米。该雷达能同时搜索和跟踪多个来袭导弹，并具有较高的识别能力和测量精度。苏联在20世纪60年代初期装备了“鸡笼”大型相控阵雷达，天线阵长约300米，高约20米，作用距离约6 100千米。中国在20世纪70年代研制出超远程相控阵预警雷达。

发展趋势 采用全固态相控阵体制，提高自适应抗有源和无源干扰能力，加大目标容量，提高目标识别能力和反隐身目标能力以及抗攻击能力。

（王华彬）

cegao leida

测高雷达 (height finder radar) 主要用于测量空中目标高度的雷达。是地面对空情报雷达的一种，通常配合两坐标雷达，实现对目标的三坐标探测定位。

测高雷达采用能形成垂直方向窄波束的天线形式，通过机械或电子扫描的方法，使窄波束在仰角上做连续的垂直扫描，以测量目标的仰角，通过具有一定计算能力的高度显示器将仰角换算成高度，实现测高功能。测高雷达有两种：①采用机械垂直扫描的称为“点头式”测高雷达(见图)。是测高雷达的主要技术体制，具有精度较高、结构相对简单、费用较低、配置灵活等优点，但对多方向、多批次目标的数据率较低。点头式测高雷达以苏联的“康奴斯”(КОН УС)和美国的AN/FPS−6雷达为代表。②通过控制阵列辐射单元的相位，实现波束在垂直方向的电子扫描，称为电扫测高雷达。影响测高精度的因素主要有：波束仰角测量误差，包括天线转台水平、天线电轴和光轴不一致以及波束变形等；高度换算误差，包括大气折射及其变化等因素。



“点头式”测高雷达 吴自宽摄

随着三坐标雷达的广泛使用，专用测高雷达的地位有所下降，但仍有重要的使用价值。为了更好地与两坐标雷达配合使用，测高雷达采用与所配合的雷达自动进行方位拖动、高度数据配对等技术。 （李耀元）

hangkong guanzhi leida

航空管制雷达 (air control radar) 为航空管制系统提供空中飞行器信息的雷达。亦称飞行管制雷达或空中交通管制雷达。它探测、收集并向飞行管制中心传送责任空域内飞行器的位置、属性和其他信息，保障飞行管制的需要。一般架设于重要航路沿线或机场附近。

20世纪50年代末出现专用的航空管制雷达。主要的航空管制雷达有：①航路监视雷达。探测距离远，对飞行高度1万米的飞机能探测350千米以上，担负对长途航路上的飞行器实施航路管制的任务。通常工作在L频段上。如法国的LP−23K型雷达（图1）。②机场监视雷达。亦称终端区雷达。探测精度和数据率高，探测距离在100～150千米左右，担负对进出机场的飞行器实施进近管制的任务。它通常工作在S频段上。如美国的ASR−9型雷达（图2）、日本的ASR雷达（图3）。③二次监视雷达。它的地面询问器与飞行器上的应答器配合工



图 1 LP－23K 型航路监视雷达

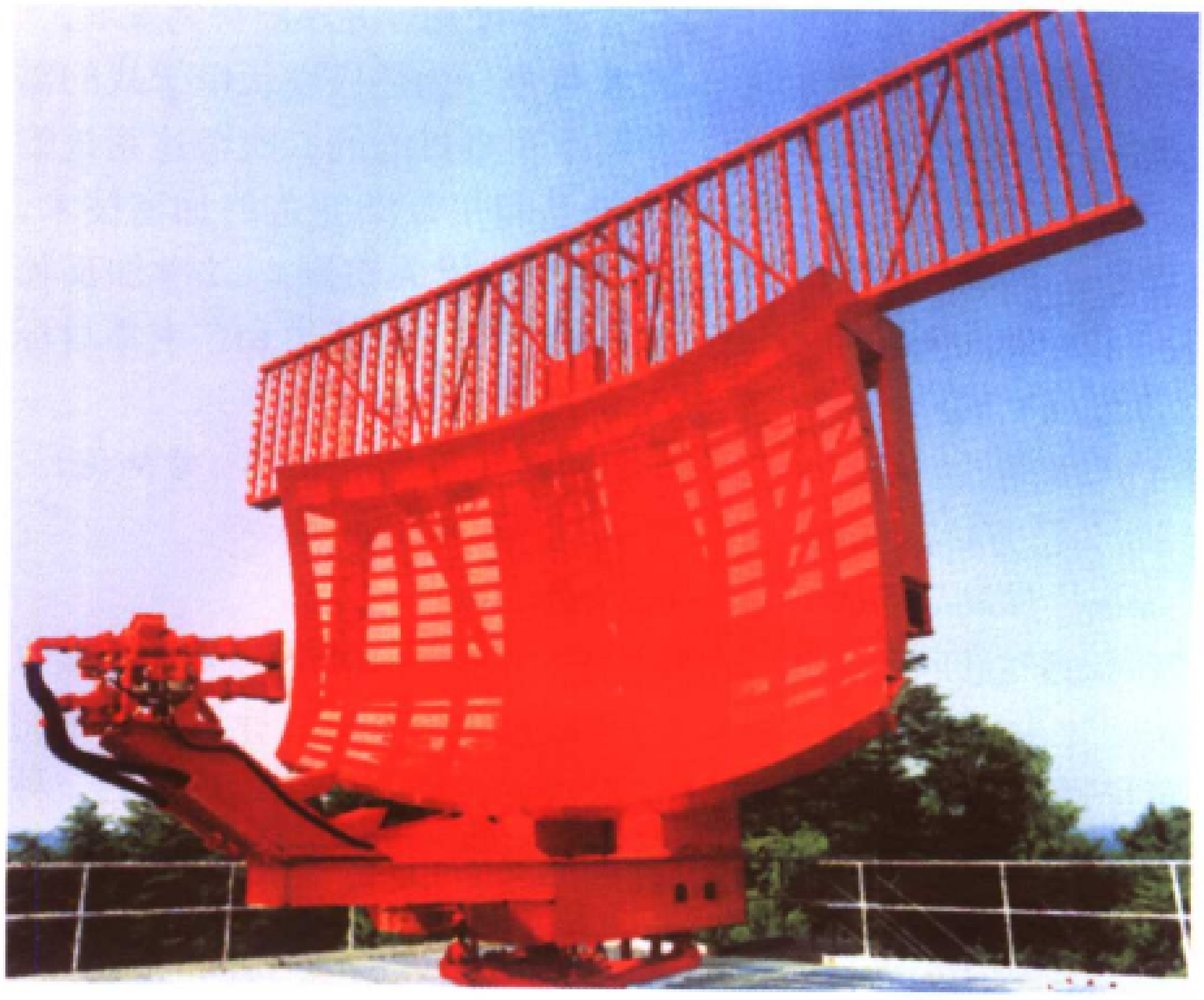


图 2 ASR－9 型雷达

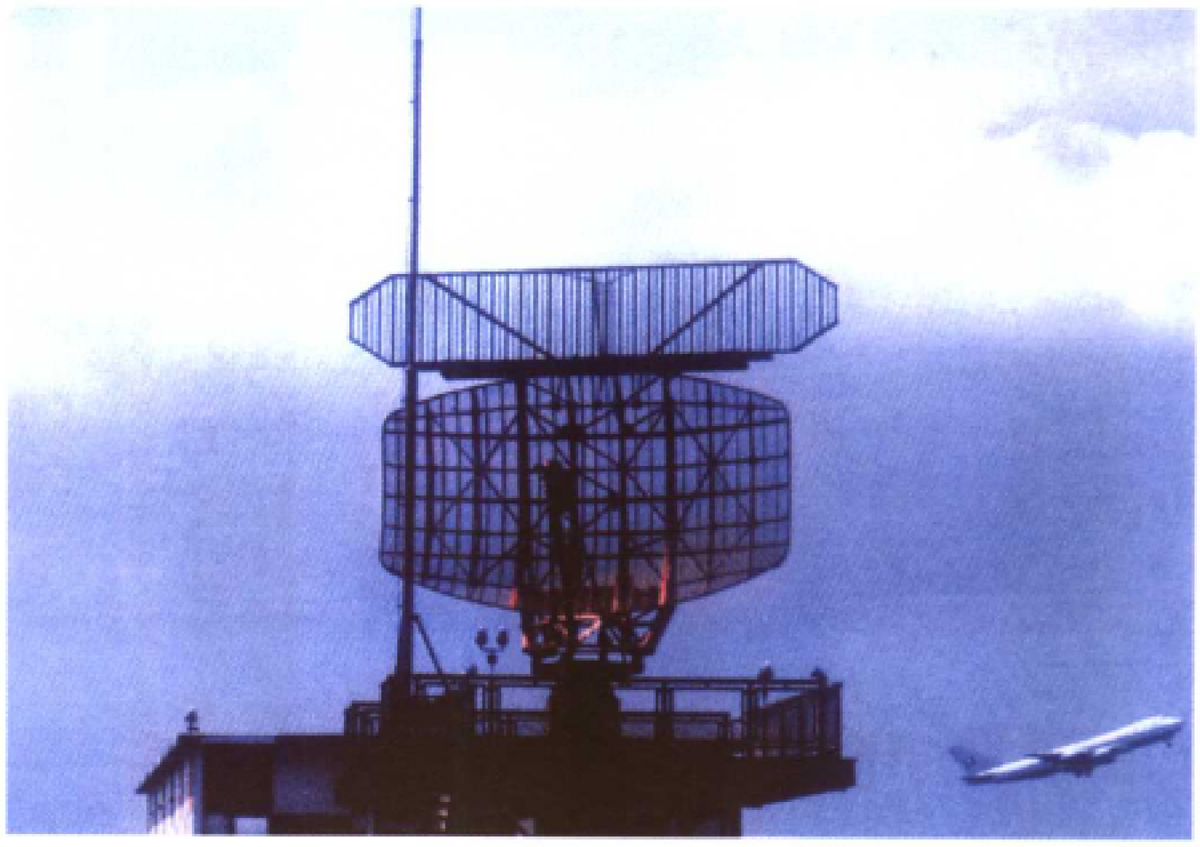


图 3 ASR 雷达

作，探测距离远，获得信息多。通常与一次雷达安装在一起同时使用，具有S工作模式的二次雷达，能以选址方式对飞行器进行唯一识别，如法国的RSM970IS单脉冲二次雷达。航空管制雷达的特点是：监视空域连续，航路与机场监视雷达天线垂直波束多采用余割平方或超余割平方设计；识别目标能力强，反地面杂波和分辨气象杂波的性能较好；可靠性高，连续工作时间长，发射和接收设备多采用双通道冗余设计。雷达信息实时传送到飞行管制中心，经计算机处理后，按飞行管制要求显示在综合显示器上。

还有两种专用于机场的辅助性航空管制雷达：①精密进场雷达。用以引导飞行器在机场不良能见度的条件下进场着陆。②机场场面监视雷达。用以监视机场的跑道、滑行道和停机坪，防止在地面发生碰撞。

随着被管制飞行器数量的增多，对航空管制雷达的要求不断提高。主要是提高探测精度和工作的自动化程度，增大目标容量，加快信息处理速度。按照国际民航组织的计划安排，民航系统的航空管制雷达，除二次监视雷达外，2010 年后将逐步被主要依靠星载设备的新航行系统取代。

（王被德）

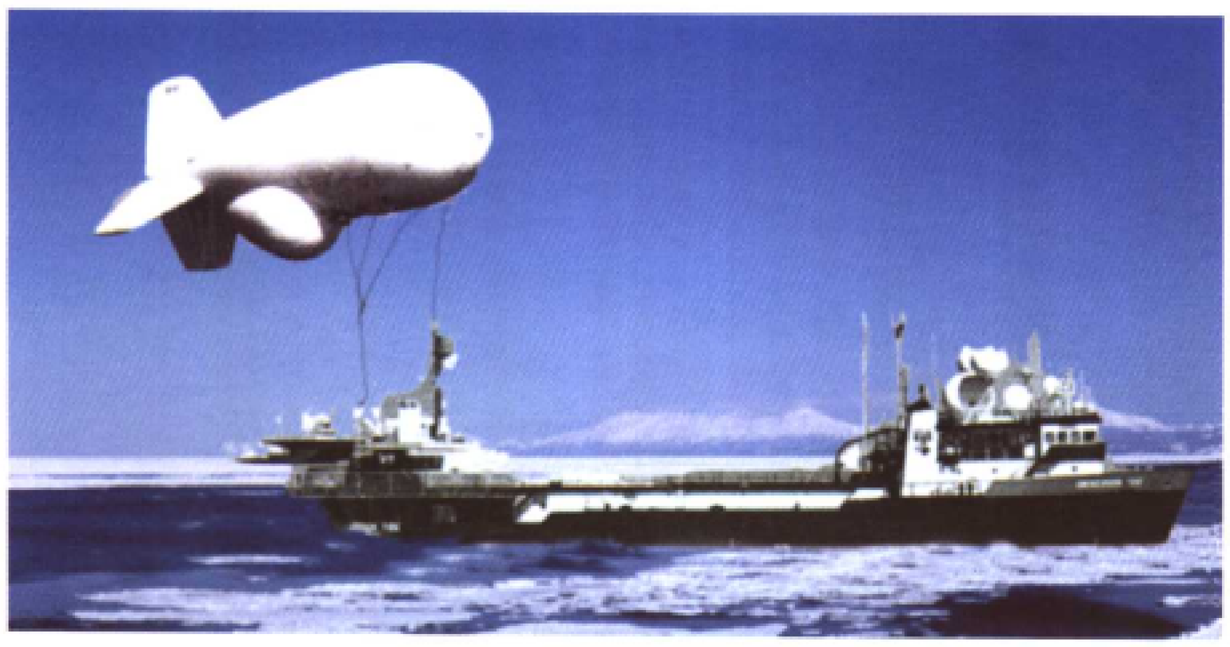
feixing guanzhi leida

飞行管制雷达 (air control radar) 见航空管制雷达。

qiqiuzai leida

气球载雷达 (aerostat radar) 装载在系留气球平台上的雷达系统。由系留气球平台和球载雷达两大部分组成（见图）。系留气球平台由浮空器、系留缆索和地面系留设施组成。①浮空器。主体是一个由多层纤维织物制成，具有柔性结构、气密性良好、体积达万立方米量级的囊体。为在空中稳定悬留，一般设计成飞艇形状，内部分割成若干个舱室，充满氦气，以获得浮力，还设有空气室以调节高度和保持气动外形。囊体的下面设有雷达防风罩，其内部用接口装置悬挂雷达设备。②系留缆索。主要作用是将气球系固在空中一定高度，还可通过嵌在缆索内的导线、光纤输送球上电子设备所需电力以及传输各种数据。也可将发电设备直接放置在升空平台上为雷达供电。③地面系留设施。由系留塔、气球升降装置、环形轨道、地面控制装置及相关保障设备等组成。主要作用是将气球系固在部署地点，控制其升降，并提供有关保障。

气球载雷达一般为两坐标监视雷达，具有良好的下视能力，能在强地杂波背景下探测目标，具有高可靠性以及完备的遥控遥测能力。在结构上分为升空设备（天线、转台、发射机、接收机、信号处理等）和地面设备（空情录取、终端显示、情报传递、状态监控等）两部分。气球的升空高度一般为1 500～4 500米，对超低空目标可实现150～300千米的视距探测。气球可以持续留空数天或数个星期而只需很少的维护时间，升空期间气球载雷达可以进行连续不断的工作，提供预警情报。气球载雷达设备较复杂，需



气球载雷达

一定的使用和保障条件，在战时需要制空权的支撑。考虑到对强台风等灾害性天气的避让因素，气球载雷达系统的使用可用度一般为90%以上。

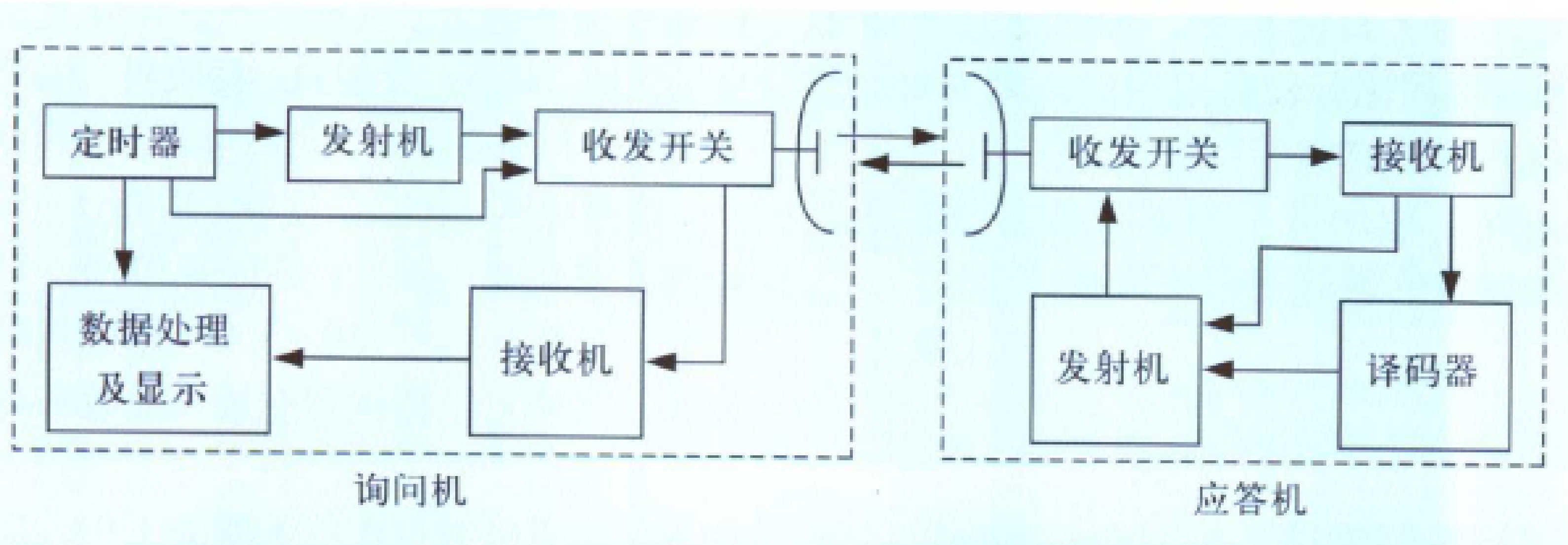
20世纪70年代初美国开始批量装备和使用气球载雷达，随后在北美、西欧、中东、东南亚等地均有使用，成为探测低空的重要装备。随着探测低空需求的不断提高，气球载雷达将获得更加广泛的应用。（李耀元）

erci leida

二次雷达 (secondary radar) 发射询问信号并接收目标的应答信号来获取目标信息的雷达。二次雷达是相对一次雷达而言的，一次雷达是依靠目标对雷达辐射电磁波的散射来获取目标信息，它可以主动发现目标并对目标定位。二次雷达是采用问答方式工作（见图），询问机发射询问信号，装在目标上的应答机根据询问类型作出相应回答。即必须经过二次有源辐射电磁波信号才能完成应有的功能。二次雷达不能探测和识别无应答机的非合作目标。

特点 ①二次雷达用较小的发射功率可获得较远的探测距离。②询问与应答通常使用两种不同频率，避免了地物、海浪、气象等造成的反射干扰。③应答信号不受目标雷达截面积的影响。④利用编码信号可获取更多的信息，除获得目标的位置信息外，还可获得目标的识别、告警、呼救等信息。

应用 二次雷达广泛应用于航空管制、敌我识别、导弹制导、外弹道测量、卫星测轨和气象探测等方面。①航空管制是二次雷达应用最普遍的领域，习惯上常叫做二次监视雷达，亦称航管二次雷达。一般架设于机场附近或重要航路沿线的地域，通常与航管一次雷达一起工作。它发出“识别”或“高度”模式的询问信号，装在飞机上的应答机收到询问信号后，根据询问类型，发出相应的应答信号。二次雷达根据天线的方向性及询问和应答信号之间所经过的时间延迟测出目标的方向、距离，根据应答信号类型获取识别信息和高度数据并向航空管制中心传送，显示在显示器上，保障航空管制需要。②雷达敌我识别系统用于识别被雷达发现的目标的敌我属性。也由询问机和应答机两部分组成，通过问与答的方式获取识别信息。识别过程是：当雷达发现目标后，即控制询问机向目标发出密码询问信号，激励应答机自动发回密码应答信号，询问机接收到应答信号并解码后输出一个识别标志，即可判断为己方目标。否则，判为敌方目标。③在导弹制导系统中，导弹上的无线电控制仪通过接收制导站发送的控制指令和询问脉冲，发回相应的应答信号以提供测量导弹角度、距离和速度的信号。④在导弹的外弹道测量和卫星测轨中，由测量雷达和目标上的应答机组成二次雷达系统，测量目标的位置、速度等参数。⑤在气象探测方面，可以将卫星收集到的气象资料等信息利用二次雷达的问答方式，将信息发回。



二次雷达系统组成方框图

简史 二次雷达研制始于第二次世界大战初期，目的是为了解决敌我飞机的识别问题，美国和英国都研制出了多种型号的敌我识别器，并在战争中发挥了作用。第二次世界大战后，二次雷达开始转向民用航空交通管制。在20世纪50年代中期，美国国防部提供了既能用于军事上敌我识别、又能用于民用航空管制的二次雷达系统，在50年代末，这种系统被国际民航组织所选用，作为空中交通管制的主要手段。之后，对它的性能规格进行了统一，采用了单脉冲技术，提高了角分辨力。70年代以来，美、英等国为解决空中走廊，特别是机场终端区的同步干扰和异步干扰问题，研制出了S模式单脉冲二次雷达。主要特点是：①飞机识别编码量大，具有足够的地址码，有多于1 600万个地址可用，可赋予每架飞机1个地址码，而过去的系统仅有4 096个识别码。②具有多种数据传输功能。该系统与已有的二次雷达系统兼容，已开始在飞行管制中使用，并不断得到发展。

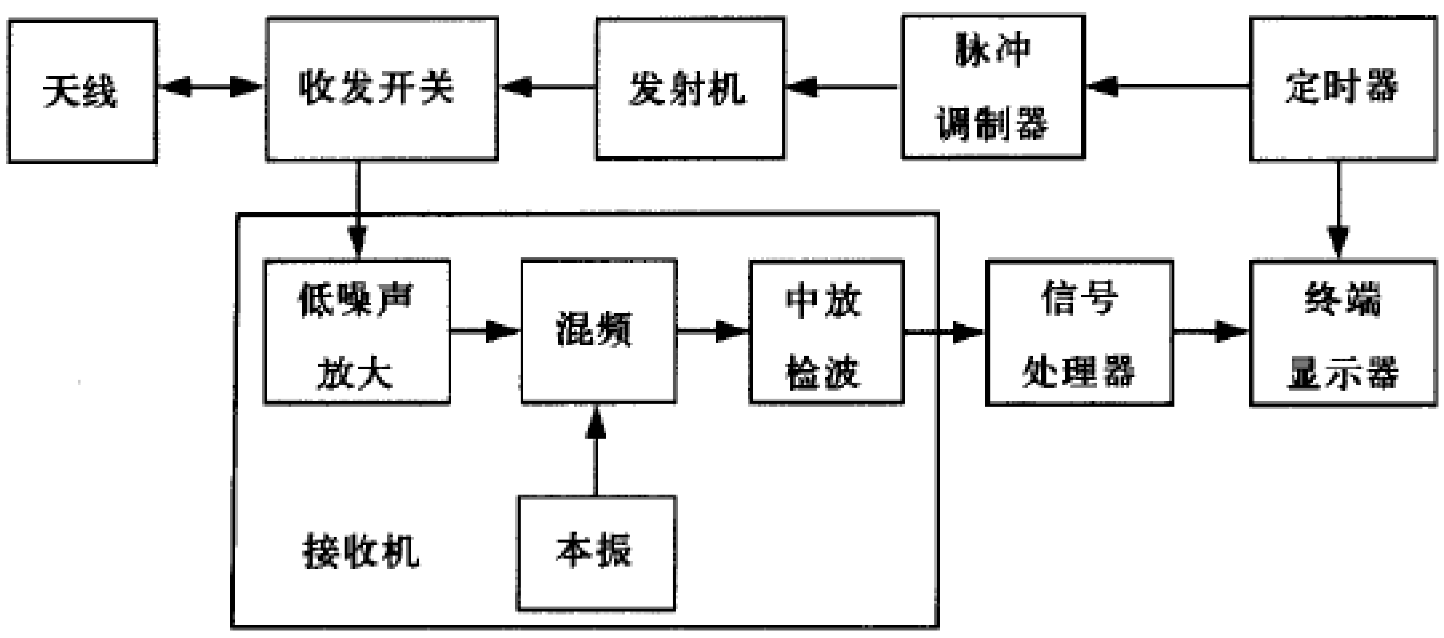
发展趋势 为适应现代电子战的需要，专用于军事目的的二次雷达系统的发展趋势是利用复杂完善的加密技术，由计算机进行相关识别，以增加反侦察、抗破译、抗干扰能力和在密集目标背景下识别敌我的能力。

（曹炳伦）

maichong leida

脉冲雷达 (pulse radar) 发射和接收脉冲电磁波信号的雷达。脉冲雷达是相对于连续波雷达而言的，是雷达的一种基本体制。脉冲雷达广泛应用于军事领域，是探测、跟踪、识别目标的主要装备，并在航空管制，天气预报，航天事业等领域广泛应用。

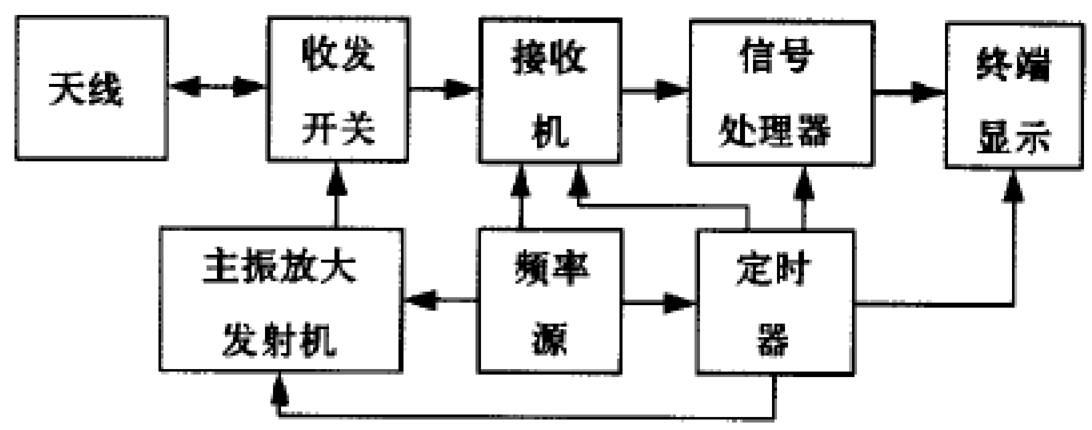
组成 分为普通脉冲雷达和全相参脉冲雷达，普通脉冲雷达主要由发射机（包括脉冲调制器）、收发开关、天线、接收机、信号处理器、定时器、终端显示器及附属设备等部分组成（见图）。①发射机通常采用大功率三、四极管和磁控管等电真空器件组成，它在调制脉冲的作用下，产生射频振荡脉冲。发射机产生很高的脉冲功率，高电压及大电流部件集中在发射机。全相参脉冲雷达采用主振



普通脉冲雷达组成方框图

放大式发射机，发射管常用速调管、行波管或固态发射器件等。②脉冲调制器在定时器的控制之下产生大功率的调制脉冲，控制发射机的工作与间歇，并决定高频振荡的脉冲宽度。通常用闸流管、电子管或可控硅等组成调制开关。③收发开关利用高频传输线的阻抗变换作用或使用环行器和PIN二极管开关使发射和接收分时工作，即在发射机工作时使发射能量以最小损耗送到天线，保护灵敏的接收机，在发射机间歇期使天线的接收信号损耗最小的送到接收机，断开发射机。④天线具有强的方向性。利用天线的互易性和收发开关，发射和接收共用一副天线。天线在搜索目标时一般采用机械扫描，相控阵雷达天线在仰角上或在方位上采用电控扫描（频扫，相扫，频、相扫）。⑤接收机具有频率选择、频率变换、放大等主要功能。采用超外差式接收机是为了提高接收机的灵敏度。接收机的噪声一部分来自大气和宇宙，这部分噪声主要与所用频率有关；另一部分是接收机内部的热噪声。为减小内部噪声，通常在接收机前端采用低噪声射频放大器。在噪声中检测信号，要求在接收机实现匹配滤波，使输出的信噪比最大。接收信号经过混频、放大、滤波、检波后，送到信号处理器。⑥信号处理器最大限度地从干扰、杂波、噪声中检测回波信号。信号处理主要包括动目标显示（MTI）、动目标检测（MTD）、恒虚警率（CFAR）、杂波图控制等。处理后的信号送到显示器显示。⑦定时器是脉冲雷达的时间控制中心，产生发射机和显示器及其他部分所需要的触发脉冲或同步信号，使雷达工作协调一致。⑧显示器是雷达的终端。常用的显示器为平面位置显示器。与录取器结合的显示器能自动录取目标的主要参数。20世纪末，带自动录取器的光栅显示器发展很快，得到广泛应用。⑨附属设备有雷达电站、通讯设备、敌我识别询问机、图像传送设备等。

脉冲波形和参数 脉冲雷达的信号波形有多种形式，最简单的是单一载频的矩形脉冲，复杂的有线性、非线性调频或相位伪随机编码的脉冲信号等。脉冲雷达主要参数有工作频率、发射功率、脉冲宽度、脉冲重复频率等。每个脉冲的持续时间称为脉冲宽度，对普通脉冲雷达，它决定了雷达的距离分辨能力，脉冲宽度越窄，分辨能力越强。对全相参脉冲压缩雷达，脉冲宽度在压缩前为几十到几百微秒，压缩后为微秒量级，既有较高的平均功率，又具有高分辨力。每秒钟产生的脉冲次数称为脉冲重复频率，它决定了雷达探测目标的最大不模糊距离。重复频率有固定的和变化的，对空情报雷达的重复频率通常为几十到几百赫兹。在脉冲多普勒雷达（PD雷达）中，中重复频率有测距和测速模糊，高重复频率没有测速模糊但有测距模糊，脉冲多普勒雷达具有极好的地杂波中目标可见度。



全相参脉冲雷达组成方框图

发展趋势 发展全相参脉冲雷达，广泛应用数字技术及计算机技术，采用固态器件发射机。有源相控阵的脉冲雷达是重要的发展方向。 （郑小福）

quanxiangcan maichong leida

全相参脉冲雷达 （whole-coherent pulse radar） 将发射信号、本振信号、相位比较基准信号、定时信号等与一个高频率稳定度的主振信号保持严格相位关系的脉冲雷达。

全相参脉冲雷达与普通脉冲雷达的主要区别是：①采用频率综合器的主振源。主振源主要有晶体振荡器直接合成的和锁相环间接合成的两种，再经过各级频率变换，形成高稳定的发射信号、本振信号、相参振荡信号、定时信号等。②采用主振放大式发射机。由频率综合器产生高稳定的发射信号，经晶体管放大、中功率放大和末级大功率放大，达到所需要的功率电平。

全相参脉冲雷达的主要优点是：①可实现频率捷变，抗电子干扰能力强。②反地、海、气象及箔条杂波干扰性能好。主振源的频率及相位稳定度高，由它产生的本振信号、发射信号、相参信号频率稳定度比普通脉冲雷达高得多，可获得较高的地杂波、气象杂波中目标可见度，并能实现动目标显示与脉组频率捷变技术兼容。③雷达波形和频率更容易改变，雷达具有更好的自适应能力，使雷达的性能和应用领域得到拓宽。

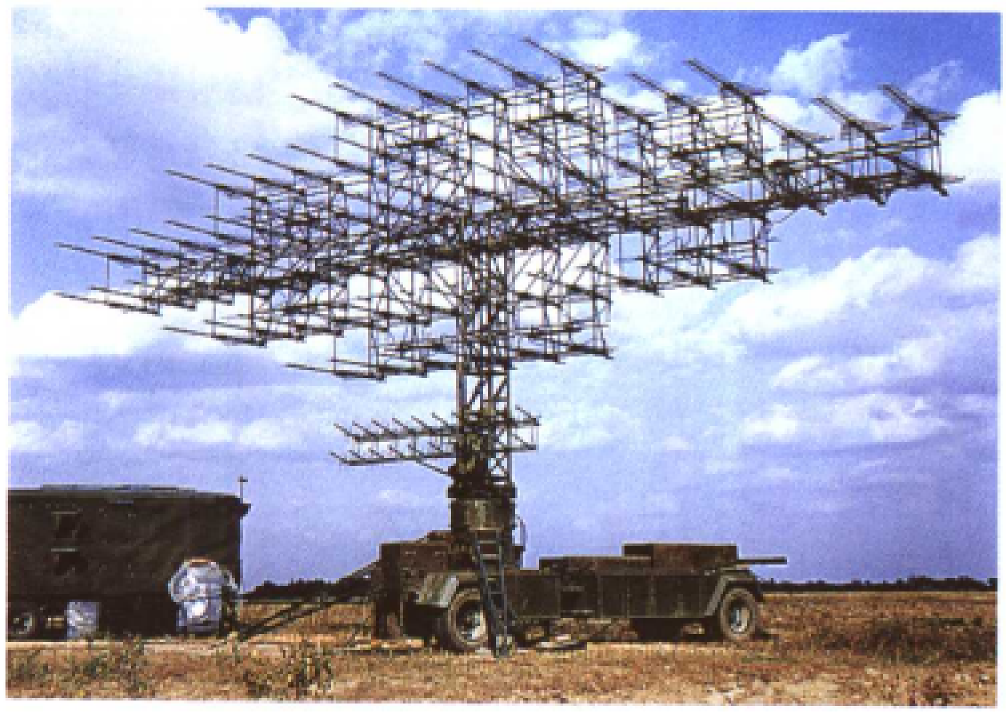
20世纪40年代后期，利用发射取样脉冲来同步相干振荡器，研制成功部分相参动目标显示技术，使普通脉冲雷达具有初步抗地杂波干扰的能力。到50年代，发展了采用频率综合器及放大链发射机的全相参脉冲雷达，使雷达的性能得到很大提高。 （郑小福）

mibo leida

米波雷达 （meter-wave radar） 工作波长为10～1米的雷达。亦称超短波雷达。主要用于对空搜索、监视，可作为对空情报雷达网的警戒雷达，以及地空导弹和高射炮的目标指示雷达等。

米波雷达比较容易获得大的辐射功率和适用大口径天线，具有较远的作用距离，架设点周围有良好的反射地（海）

面时，还会明显增加最大探测距离。发射机和接收机工作频率比较稳定，可以获得较好的动目标显示性能。电磁波传播的大气衰减小，基本上没有气象干扰。通常设备比较简单，制造和运转费用较低。由于工作频段较低，在探测隐身目标和抗反辐射武器攻击方面具有潜在的能力。大多采用偶极子平面阵列和引向天线，天线尺寸一般设计为宽度大于高度，形成水平窄、垂直宽的波束，以改善方位分辨力和减小顶空盲区。与微波雷达相比，这个波段的雷达角分辨力较差，测量精度较低，架设阵地需要有平坦的反射面，波束以下的低空探测盲区较大。因此，这种雷达通常作为中远程、中高空地面对空情报雷达使用。展开架设状态如图所示。



米波雷达天线

20世纪30～40年代初，许多国家都相继生产装备米波雷达。如1938年美国海军装备的XAF型雷达（工作频率为200兆赫）和德国海军装备的Freya雷达（工作频率125兆赫），1940年英国军队装备的AMES-2雷达（工作频率200兆赫）、苏联军队装备的РУС-2雷达（工作频率75兆赫）和美国陆军装备的SCR-270雷达（工作频率104～112兆赫）等。20世纪50年代初期，中国人民解放军空军开始装备П-3等米波雷达，1954年后，中国自行研制生产的406等多种型号的米波雷达陆续装备部队，在对空情报雷达网中逐渐成为主要装备，在抗美援朝和国土防空作战中发挥了重要作用。

随着微电子和数字技术的应用，稀布阵综合脉冲孔径和超分辨成像技术的发展，米波雷达的分辨力、测量精度、抗电子干扰性能、对小雷达反射截面积目标的探测能力和反隐身能力将会不断提高，在对空情报雷达网中被更加广泛应用。

（张惜春）

weibo leida

微波雷达 (microwave radar) 工作波长为1米～0.1毫米的雷达。微波雷达利用较小天线口径可以获得窄的波束，天线增益大，角分辨力好，测量精度高。大多采用抛物面反射体天线和平面阵列天线，通过合理设计，可获得针状和垂直方向的堆积多波束、超余割平方波束，以及用于测高的扁平波束。根据不同用途需要，可以采取地面架设和装载于舰船、飞机等多种平台。用途广泛，数量较多，除对空警戒、引导和飞行管制外，在武器系统火控、弹道跟踪测量、导弹末制导和气象探测等方面都有重要应用。

微波雷达按工作波段可分为3种类型：①分米波雷达，工作波长为1米～10厘米（频率为300～3 000兆赫），典型常用工作波长为22厘米。分米波雷达具有较窄的天线波束、良好的角分辨力和较好的动目标显示性能。②厘米波雷达，工作波长为10～1厘米（频率为3～30千兆赫），典型常用波长为10厘米、5厘米和3厘米。厘米波雷达具有较高的角分辨力和测量精度，但易受气象干扰。③毫米波和丝米波雷达，工作波长为10～1毫米和1～0.1毫米（频率为30～300千兆赫和300～3 000千兆赫）。毫米波和丝米波雷达能以小的天线口径获得很窄的天线波束，分辨力很高，但外部噪声和接收机噪声高，能获得的辐射功率小，受大气吸收和气象影响大。

第二次世界大战后期，英国、美国研制出可供实用的高功率微波辐射器件，并很快用于雷达。1944年，英、美军队开始装备SCR-584炮瞄雷达和MEW微波预警雷达，在截击德军发射的V-1、V-2火箭和诺曼底战役作战中发挥了重要作用。50年代，美、英、法和苏联等国家相继研制出多种型号的微波雷达。50年代中期以后，中国开始研制生产402等多种型号的微波雷达，并得到广泛应用。



微波雷达天线

微波雷达的发展趋势是将更多地应用先进的微电子和数字技术，实现多功能、固态化和超宽带成像，增强信号检测处理性能，提高抗电子干扰、抗反辐射武器袭击和目标识别能力，不断向高频端扩展，更多地利用空间平台装载。

（张惜春）

sanzuobiao leida

三坐标雷达 (three-dimensional radar) 能对空中多批目标同时测量其距离、方位、高度三个坐标的雷达。主要用于对空警戒、引导、目标指示和航空管制等。三坐标雷达通常在方位上机械旋转，而在仰角上固定多个部分重叠的波束或使波束在仰角上扫描来覆盖所要求的仰角范围，并进行高度测量。根据如何形成仰角波束及波束在仰角上是否扫描和如何进行扫描，三坐标雷达分为堆积波束、相位扫描、频率扫描和相位频率扫描4类。

堆积波束三坐标雷达　发射电磁波时在仰角上形成一个宽波束覆盖所要监视的空域，接收时同时形成若干个部分重叠的接收波束的三坐标雷达。接收波束有几个至十几个，每个波束都有一路接收机与其相连。雷达对同一距离上的相邻波束接收到的回波信号进行比幅，根据比值获得目标的仰角，然后由距离和仰角计算出目标的高度。接收多波束可以在射频上形成，如美国的AN/TPS-43雷达，该雷达利用多个喇叭馈源照射抛物面天线，接收时在射频形成6个堆积波束，各波束垂直面宽度不同，随仰角的增大而增加，总的覆盖达到20°。接收多波束也可在中频形成，如英国的S713雷达，该雷达天线有60行中央馈电的线阵，每个线阵接有一路接收机，射频信号下变频到中频之后，经波束形成网络形成8个波束。另一种是数字波束形成，其每行线阵上有一个接收机，在A/D变换之后利用数字加权和线性组合产



中国JY－14堆积波束三坐标雷达

生多波束。堆积波束三坐标雷达数据率高、易于实现仰角覆盖，但设备量大。

相扫三坐标雷达 利用移相器使波束在仰角上扫描，以覆盖所要求监视的空域，并利用单脉冲技术对目标仰角进行测量的三坐标雷达。相扫分为单波束相扫和多波束相扫。美国AN/TPS－59是一种单波束相扫三坐标雷达，天线由54行水平线阵组成，每一行都有一个固态收发组件。发射时形成一个笔形窄波束，控制移相器使波束在－1°～19°范围扫描，接收时相应地形成和、差波束。单波束相扫的发射波形、能量管理和工作方式灵活多变，抗干扰能力强，但波束窄时难以满足大空域覆盖和高数据率的要求。多波束相扫三坐标雷达在仰角上发射一个较宽的波束，接收时采用几个波束覆盖发射波束，利用移相器使波束一起扫描，实现对所要求的监视空域的覆盖。接收多波束可以在高频形成，也可采用数字波束形成。

频扫三坐标雷达 利用馈线中射频信号的相位与频率的依从关系，改变天线口径面上的相位分布实现波束扫描，并利用比较相邻波束中信号的幅度或测量频率进行目标仰角测量的三坐标雷达。频扫可以利用一个脉冲内的线性调频或非线性调频信号实现波束在仰角上的连续扫描，如英国的AR3D雷达。它发射一个宽度为36微秒、扫频带宽为140兆赫非线性调频脉冲，低仰角扫描速度小，随着仰角增高，扫描速度逐渐加快，在接收机中通过频率分辨提取目标的仰角。频扫也可以在一个宽脉冲内利用一串不同频率的子脉冲实现波束在仰角上的步进式扫描，如美国的AN/TPS－32雷达。频扫三坐标雷达经济、简单、可靠，但发射频率与扫描仰角的一一对应关系，限制了频率及波形和时间能量管理的灵活性。

相频扫三坐标雷达 同时使用相扫和频扫技术的三坐标雷达。它利用相控使波束指向某一起始仰角，然后由频扫覆盖以该起始仰角为基础的一个小角度。如对于仰角上要求从－1°～20° 扫描时，利用相控把空域分成7个波束指向，然后波束在各指向的大约3°范围进行频扫。日本的NPM－510是采用这种技术的三坐标雷达。

三坐标雷达是应军事上对非合作目标距离、方位和高度测量的要求而出现的。后来为探测高速度、大批量、多层次和多方向空中目标而获得迅速发展。第二次世界大战后期出现了V型波束三坐标雷达，现已淘汰。60年代开始使用频扫和堆积波束三坐标雷达，70年代出现相频扫和全固态相扫三坐标雷达。20世纪后期，三坐标雷达已成为主要的对空情报雷达。 （李 涛）

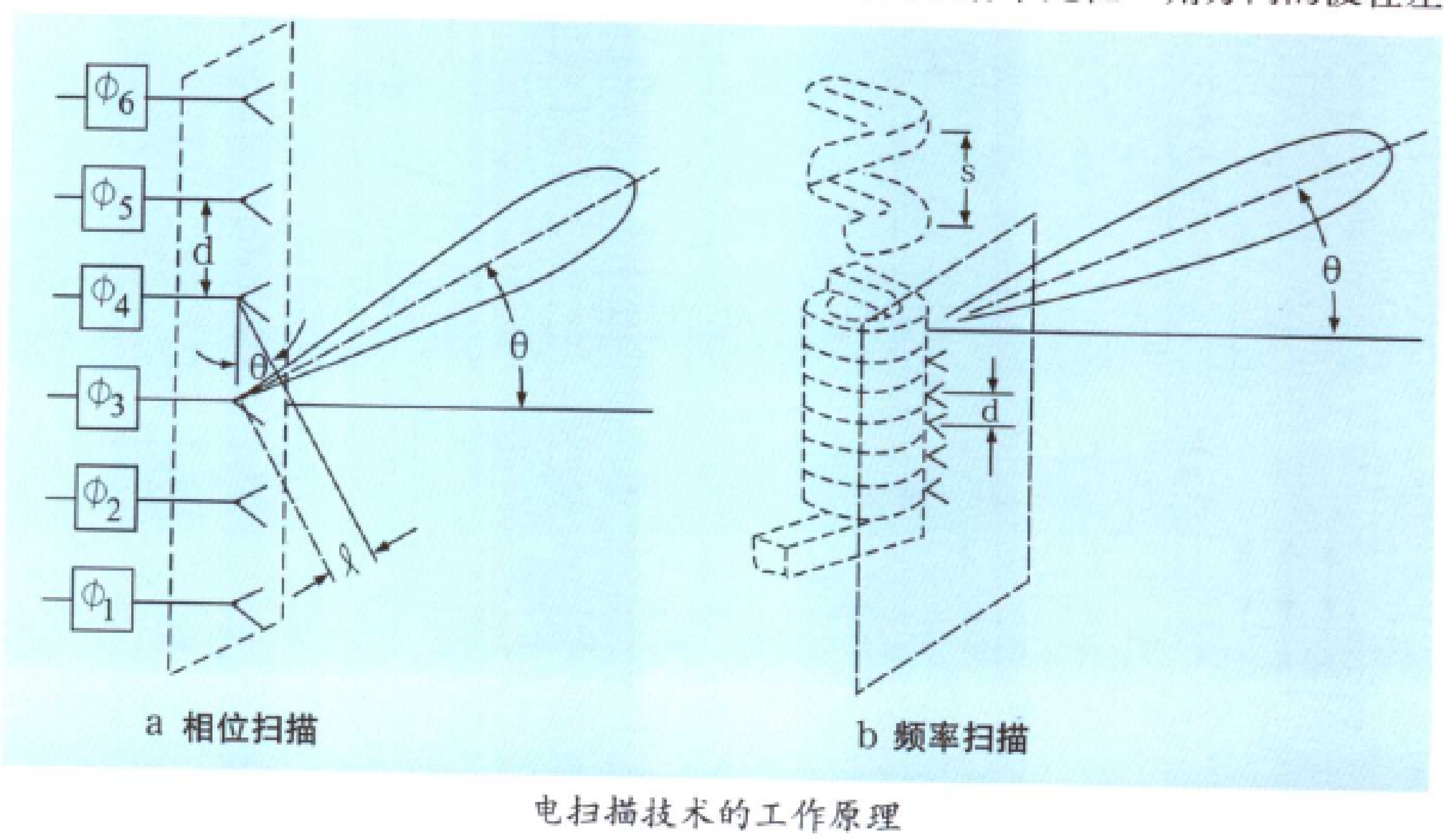
diansaomiao leida

电扫描雷达 (electronic scanning radar)

依靠电扫描技术改变天线波束在空间的指向或使波束快速扫描的雷达。电扫描技术分为两类（见图）：相位扫描（简称相扫）和频率扫描（简称频扫）。电扫描雷达可以单独或组合使用这两种基本技术，实现天线波束的一维或二维电扫。与机械扫描雷达相比，电扫描雷达反应速度快、数据率高、对目标环境适应性强，有同时探测多目标的能力，并可获得更大的功率口径积。电扫描雷达广泛用于空间监视和跟踪、防空系统和武器控制等各个领域。

相位扫描是利用移相器来改变天线辐射单元的馈电相位而使天线波束扫描（图a）。天线由许多辐射单元组成，每个（组）辐射单元后面接一个可变移相器，可使其馈电相位在0～2π之间变化。在同相馈电时，在线阵的法向各辐射单元的信号同相相加，信号最强，因此波束最大指向是在线阵的法向。而在偏离法向时，相邻辐射单元信号的波程差为$d\cdot\sin\theta$，相位差为$(2\pi/\lambda)\,d\cdot\sin\theta$（$d$为相邻辐射单元的间距，$\lambda$为发射信号的波长），通过移相器对各辐射单元的馈电相位预先设置不同的相移值，抵消各辐射单元间由波程差产生的相位差，使各辐射单元的信号在θ角方向同相相加，即可使波束指向θ角方向。因此，只要在计算机控制下改变移相器的相移值，即可实现天线波束在空间的扫描。

频率扫描是利用馈线中射频信号的相位与频率的依从关系，改变工作频率从而改变天线辐射单元的馈电相位而实现天线波束在空间的扫描（图b）。馈线将若干辐射单元连接起来，辐射单元之间的馈线长度大大超过辐射单元之间的间距。射频信号沿馈线传输时，相邻两单元产生的相位延迟为$2\pi S/\lambda_g-2n\pi$，由相邻两辐射单元在θ角方向的波程差



电扫描技术的工作原理

产生的相位差为 $(2\pi/\lambda)\ d\cdot\sin\theta$（S为二辐射单元之间的馈线长度，$\lambda_g$为馈线中射频信号的波长，d为辐射单元的间距，λ为发射信号波长）。当该相位差与相位延迟相等时，则在该方向的射频信号同相相加，信号最强，即波束指向θ角方向。当工作频率变化时辐射单元的馈电相位相应改变，从而波束指向也发生变化。因此，利用程序控制电路把期望的波束指向角与工作频率联系起来，就可实现天线波束的扫描。（李 涛）

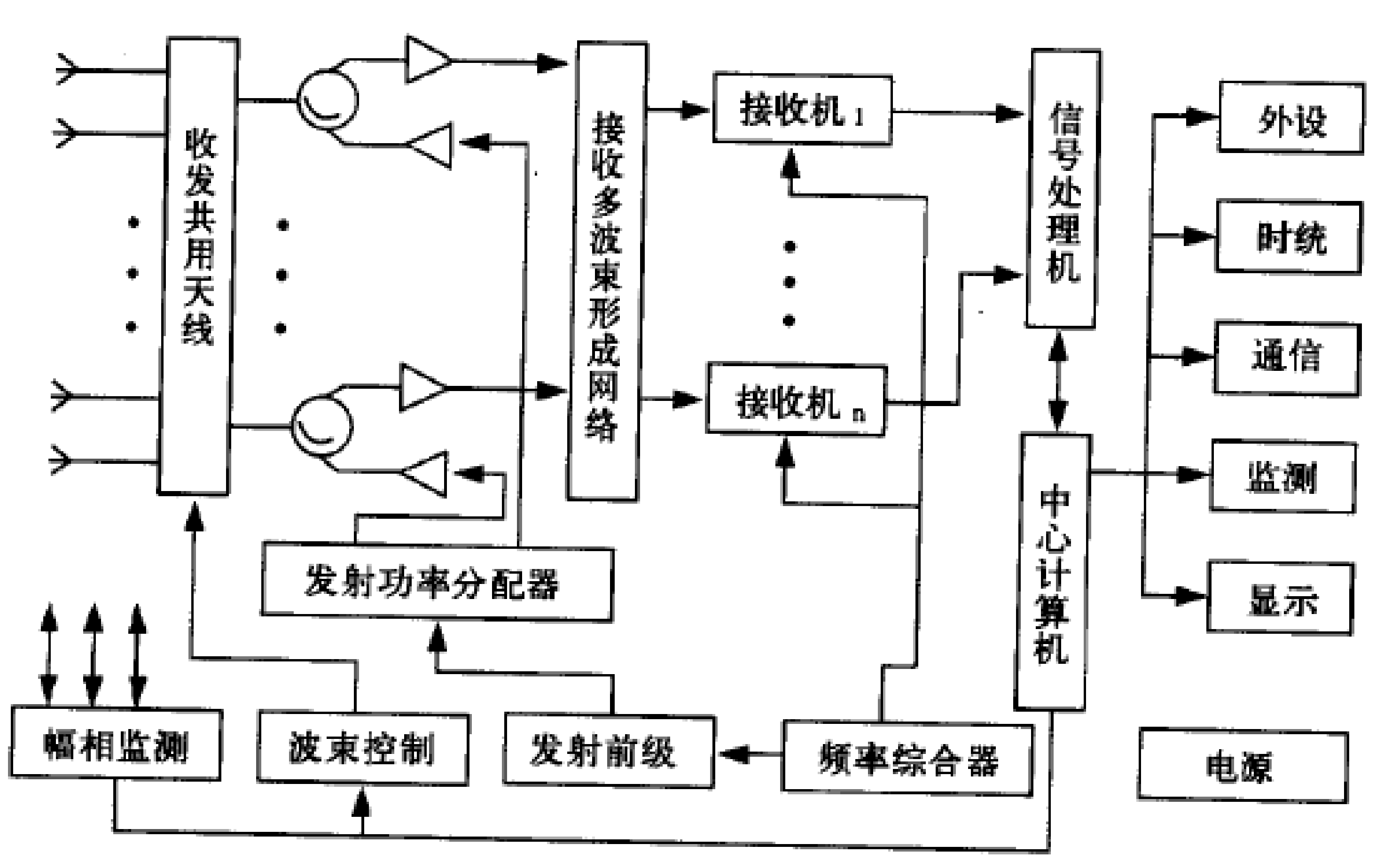
xiangkongzhen leida

相控阵雷达 (phased-array radar) 通过控制阵列天线中各辐射单元的馈电相位，使天线波束快速扫描的雷达。是一种电扫描雷达。具有多功能、多目标处理、控制灵活、自适应能力强、抗干扰性能好和可靠性高等特点。

组成 由相控阵天线、发射机、接收系统、波束控制器、中心计算机和雷达终端设备等组成。①相控阵雷达天线。依不同的用途由少至几十个，多达上万个辐射单元组成。辐射单元通常是偶极子、波导缝隙或其他形式的天线。每个或每组辐射单元(称子阵)有一个移相器与其相连，移相器分连续式和数字式两种，移相值可在0～2π的范围变化，通过移相器控制辐射单元或子阵的馈电相位来改变天线波束的指向，以实现波束扫描。在需要的情况下也可以通过移相器控制天线波束的形状、副瓣电平和波束最小值的位置。②相控阵雷达发射机。按馈电方式分为集中式发射机和分布式发射机两类。集中式发射机可用大功率电真空器件或固态器件合成方法产生高功率，通过馈电网络给辐射单元馈电。分布式发射机是在每个辐射单元或子阵后面放置一部由同一频率源激励的功率较小的发射机，通常是固态收发组件，整个天线阵面辐射功率是所有发射机的功率之和。这种方式具有较低的发射损耗并可根据需要控制输出功率。③相控阵雷达接收系统。包括与各辐射单元或子阵相连的收发开关、低噪声放大器、限幅器、滤波器及与发射共用的移相器等。各辐射单元或子阵的输出送到接收波束形成网络，形成单脉冲测量所需的和、差波束或相互部分覆盖的多个波束，与各波束相对应的都有一路接收机。④波束控制器。是相控阵雷达所特有的，它在计算机控制下，按波束指向的要求计算出各移相器所需的控制代码，将其送到各移相器的寄存器和驱动器。在需要精确控制相控阵天线副瓣的雷达中，除增加移相器的位数外，控制功率放大器的功率电平也由波束控制器来完成。⑤中心计算机。是相控阵雷达的控制和处理中心，它负责相控阵雷达工作方式的管理；按照预先编制的程序控制波束，实现对指定空域的搜索；完成目标信号的相关判决和多机动目标的跟踪；根据目标环境实现自适应能量管理，如改变信号波形、改变重复频率、调整在目标方向上的驻留时间和跟踪状态等。⑥雷达终端设备。与其他雷达系统相同，主要包括显示和控制、监测、通信、计算机外设等。

简史 20世纪40年代出现用机械方法改变辐射器的相位实现波束扫描的雷达。50年代因监视空间目标的需要开始研制大型相控阵雷达。60年代美国研制成功大型特高频高功率相控阵雷达，作用距离可达6 000～7 000千米，用于探测、跟踪、识别卫星和导弹。70年代研制成功全固态大型预警和靶场测量相控阵雷达。此后相控阵雷达迅速发展，相继出现车载、舰载对空防御多功能相控阵雷达，地面和舰载三坐标相控阵雷达，机载预警和多功能火控相控阵雷达等。

发展趋势 采用分布式收发单元的固态有源相控阵技术；数字波束形成技术；加大工作带宽；进一步降低天线副瓣电平；在各种航空、航天器上使用共形相控阵天线等。（李 涛）



相控阵雷达系统组成方框图

shuang/duo jidi leida

双／多基地雷达 (bistatic/multistatic radar) 一部或多部发射设备和一部或多部接收设备分置于不同地点，且其间隔可与所探测的目标距离相比拟的雷达系统。亦称双／多站雷达。这种雷达体制应用于对空、对海、对天监视，以及导弹制导、地下探测等领域。

原理 双／多基地雷达的基本组成是双基地雷达。发射设备发射的电磁波到达目标后，向着接收设备方向散射的回波被接收设备接收。利用发射设备和接收设备之间建立起来的空间匹配、时间和波形同步、频率和相位同步等协同关系，在雷达测量数据的基础上解雷达目标三角形(亦称双基地三角形)，实现对目标的定位。①空间匹配。指发射设备和接收设备的天线指向能互相配合，对处于空间某位置的目标实现雷达电磁波的发射和接收。空间匹配的方法主要有宽角度(含多波束)发射或接收、收发同时跟踪和脉冲追赶等。②时间和波形同步。是在发射设备和接收设备之间建立精确一致的时间关系和波形匹配关系，以便发射和接收脉冲波、调频连续波或其他波形的信号对目标进行测量。时间同步的方法主要有：发射设备将发射时间同步信号送给接收设备；发射设备和接收设备同时接收其他系统（如全球卫星定位系统）的时统信号。波形匹配的方法是：发射设备向接收设备传送波形信息(如波形码)。③频率和相位同步。是接收设备正确接收目标回波和对回波进行相参处

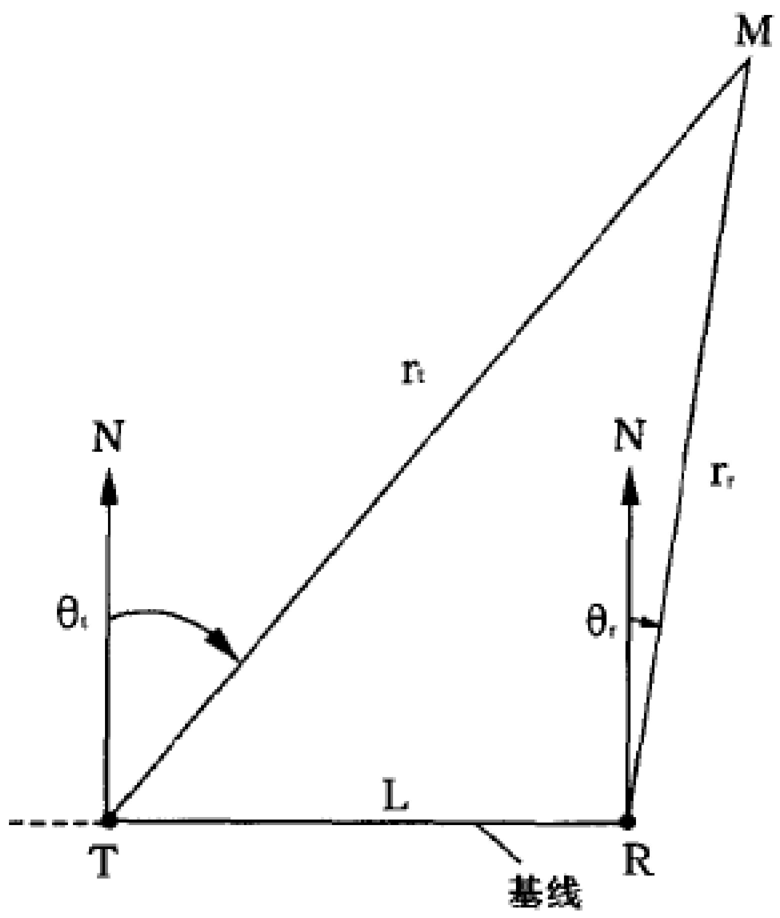


图 1 雷达目标三角形

理(如活动目标显示)所必须的。实现的方法主要有：发射设备将发射频率和相位同步信号送给接收设备；发射设备和接收设备同时安装高稳定频率源(如铷原子钟)，并接收其他系统的时统信号进行校准。④在雷达目标三角形(图 1)中，发射设备(T)和接收设备(R)的位置及其连线(称为基线)长度L是已知的。当雷达测出目标(M)的距离和(即发射设备到目标的距离与目标到接收设备的距离之和r_t+r_r)与一个方位角(θ_t或θ_r)，或测出两个方位角(θ_t和θ_r)时，目标的位置即可用三角计算方法确定。两种方法相比，后者精度较差，且在多目标时会产生幻象。

配有两个以上接收设备的多基地雷达，各个接收设备分别与发射设备按双基地雷达方式对目标定位。还可配备两个以上的发射设备，与多个接收设备配合工作。两个以上的接收设备还可以通过同时测量同一目标的距离和或距离差(即从目标到两个接收设备的距离之差)，按椭圆交点或双曲线交点来对目标定位。

双基地雷达平面探测范围的数学表达为卡西尼卵形线(Cassini oval)，由双基地雷达距离方程$(r_tr_r)_m=K$确定，K为雷达性能综合参数，而单基地雷达方程为$r^2_m=K$。

双／多基地系统中各接收设备录取的目标信息，可传送到信息处理中心，经综合后上报。

特点 与单基地雷达相比，除因发射设备和接收设备之间的协同关系和通信设备使雷达系统的结构复杂性增加外，双／多基地雷达在性能上具有以下特点：①接收设备和发射设备分置，符合现代军用信息系统网络化、分布化的发展要求，接收设备能够有效地抗干扰(包括压制干扰和欺骗干扰)和抗摧毁。②探测范围与接收设备相对于发射设备的位置密切相关，部署使用灵活，其平面探测范围与接收设备位置(基线长度L)的关系如图2所示。③接收设备异向接收，有利于探测隐身目标。④对目标测量的自由度提高，两个以上的两坐标接收设备具有估计目标高度的潜力。⑤定位精度和分辨力与接收设备相对于发射设备的位置和解雷达目标三角形的算法有关，一般情况下低于单基地雷达，但在采用两个以上接收设备的多基地系统中会得到明显改善。

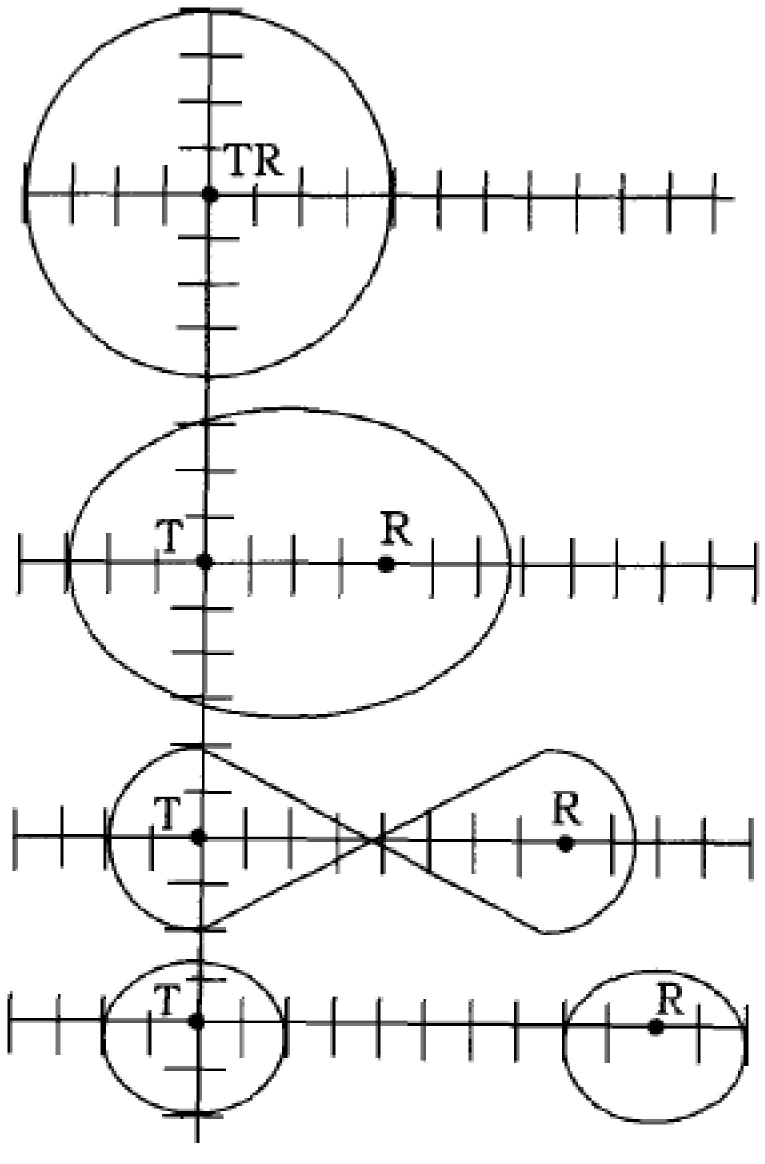


图 2 平面探测范围与接收设备位置的关系，所示为接收设备逐渐离开发射设备时，平面探测范围改变的4个例子

简史 20世纪50～60年代，在对空监视补盲、空间目标监视和近程导弹半主动寻的末制导方面首先应用了双基地雷达体制。如美国部署在北美远程防空预警线上的连续波低空补盲雷达AN／FPS-23和用于卫星探测和跟踪的空间监视系统(SPASUR)。70～80年代，美、英、中、苏联等国进行了一系列的双／多基地雷达探测飞机和地面目标的试验，将这种雷达体制应用于对空、对海和对地探测的技术逐渐成熟。

展望 随着技术的不断提高，双／多基地雷达将以不同的组合形式，单独或与单基地雷达相结合并组成雷达网，应用于各种军、民用雷达系统。将进一步扩大探测范围，提高系统的抗干扰和抗摧毁能力；发展利用电视、广播或其他非合作电波发射源的纯接收式多基地雷达。

(王被德)

hecheng kongjing leida

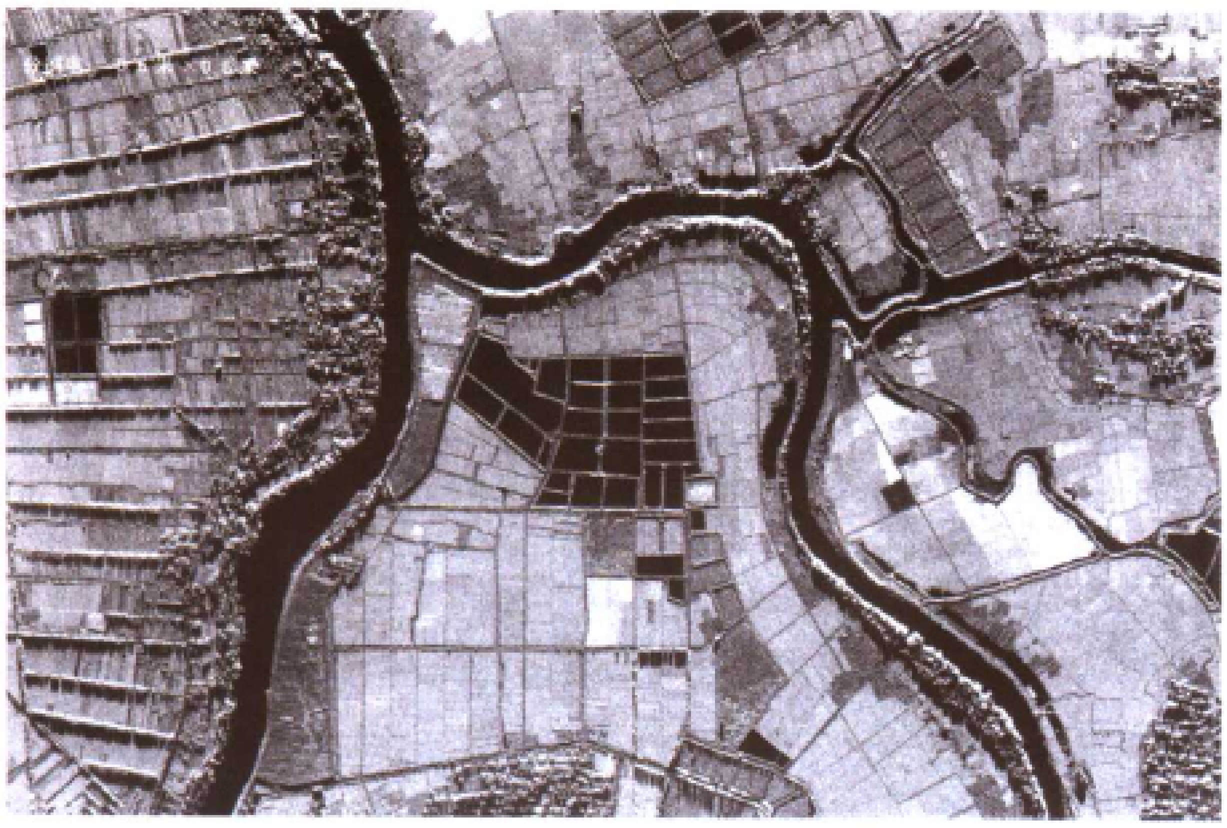
合成孔径雷达 (synthetic aperture radar)

利用与目标作相对运动的小孔径天线并采用相应的信号处理获得高方位分辨力的相干成像雷达。亦称综合孔径雷达，英文缩写SAR。具有分辨率高，覆盖面积大，能全天候工作，识别伪装和穿透非金属掩护物能力强等特点。一般以飞机、卫星或其他运动体为运载平台，天线通常安装在飞机或空间飞行器的两侧，其波束指向通常采用正侧视方式，又称合成孔径侧视雷达。广泛应用于军事侦察、测绘、火控、制导、环境监测和资源勘探等领域。

合成孔径雷达的基本原理是：雷达运载平台直线匀速运动，当对侧面同一地面目标进行探测时，合成孔径雷达天线的真实孔径只有几米，其波束宽度很宽，对该目标的照射时间较长。把雷达天线当作阵列天线中的一个独立收发阵元，雷达将每个位置上天线所接收到的同一目标回波信号进行存储和合成处理，就可将天线照射同一目标时运动平台飞过的距离等效为一个长阵列天线，即所谓"合成孔径天线"。等效长度可达几千米，从而形成一个等效的极窄方位波束，使方位分辨力可提高几十至几百倍。

合成孔径雷达有聚焦型和非聚焦型两类。聚焦型合成孔径雷达采用与透镜聚焦相同的原理，对同一目标的每一回波信号进行相位加权，使之同相，可能达到的方位分辨力与距离和所用波长无关，为真实雷达天线孔径的一半。非聚焦型合成孔径雷达由于对回波不进行相位加权，而是直接相加，其等效天线孔径不能太长，方位分辨力为波长与距离乘积开平方的一半，比聚焦型合成孔径雷达的方位分辨力低。

合成孔径雷达对频率和相位稳定性要求很高，因此，采用全相参体制，天线采用三轴稳定平台进行控制，需要对平台的不规则运动带来的相位误差进行



机载合成孔径雷达拍摄的地面图像

补偿。

合成孔径雷达的概念始于20世纪50年代初期，50年代末，美国研制成第一批可供军事侦察用的机载合成孔径雷达。60年代中期，合成孔径雷达成为环境遥感的重要工具。70年代后期，卫星载合成孔径雷达的技术取得进展。80年代，卫星载合成孔径雷达和数字图像实时处理技术投入实际应用。中国于70年代后期开始研制合成孔径雷达并取得成功。

合成孔径雷达的发展趋势是：进一步提高雷达分辨力和数字处理成像的速度；扩展工作频段，采用多频、多极化、多模式工作方式；实现对慢速运动目标的检测和成像；发展能提供目标三维分辨能力的干涉式合成孔径雷达。

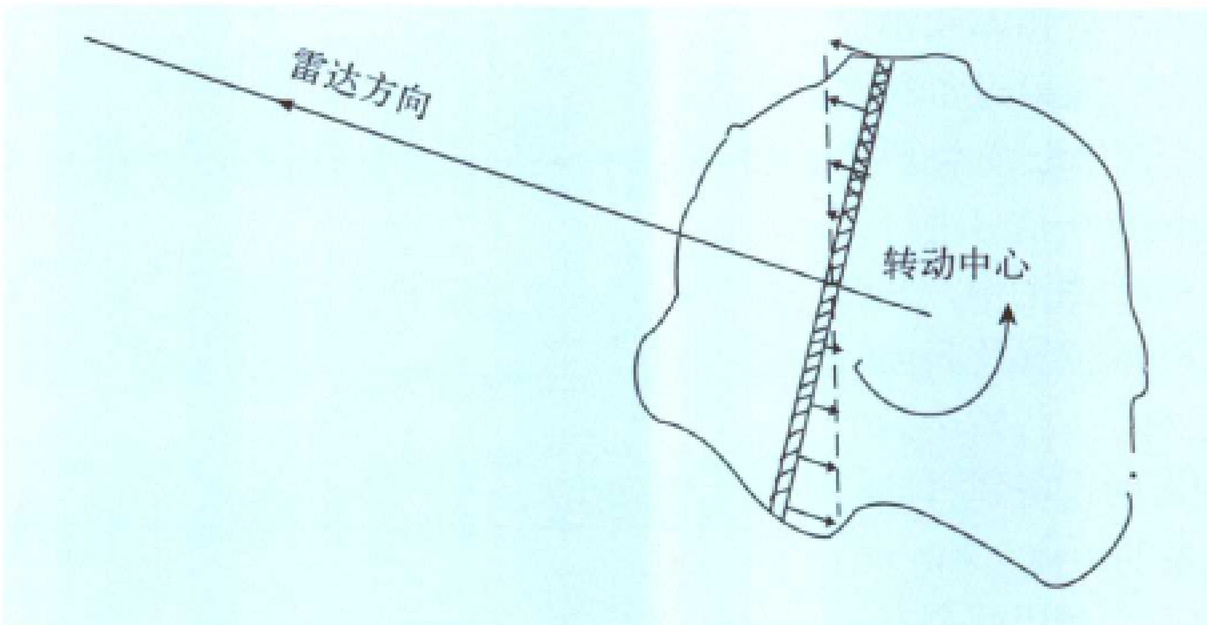
（吴铁平）

ni hecheng kongjing leida

逆合成孔径雷达 (inverse synthetic aperture radar)　利用目标相对于雷达站的视角转动，运用信号处理的算法对目标进行横向成像的雷达。它的效果相当于雷达天线运动以获得同样的目标视角转动量，因而产生一个等效的大合成孔径。与合成孔径雷达成像相比，逆合成孔径雷达成像的不同点在于，通常目标是运动的而雷达则不动。它与超宽频带脉冲压缩技术的纵向成像相结合，可获得目标的高分辨力二维或三维图像。用于对目标的性质（型别与数量）进行识别。

活动目标相对于雷达站的运动，可分解为位置的平移和视角的转动。逆合成孔径雷达就是利用目标视角的转动来成像的。它连续采集一小段时间内的目标回波，先对目标平移引起的相位变化进行补偿，消除相对运动中的平移因素；再根据视角转动过程中，在目标横向截面上与转动中心距离不同的各处的多普勒频移（由其径向速度决定）大小不同的现象（见图），对同一距离的回波（横向截面上各处散射回波的合成）做快速傅立叶变换计算，就获得目标横向各处的散射回波幅度分布，实现横向成像。逆合成孔径雷达成像的横向分辨力Δx，取决于雷达的工作波长λ，以及连续采集回波进行成像处理期内目标的视角转动量θ，其关系是：

$$\Delta x=\lambda/(2\theta)$$



逆合成孔径成像示意图

逆合成孔径雷达的纵向分辨力Δy，取决于雷达的瞬时带宽Δf，其关系是：

$$\Delta y=c/(2\Delta f)$$

雷达进行逆合成孔径成像须具备下列条件：①天线波束能对目标连续照射一段时间，以便对目标回波采样时能获得足够的转角。②较高的频率相位稳定性，以保证连续采样回波的相参性。③较精确的目标平移补偿算法。此外，目标运动姿态的稳定性亦影响成像的质量。

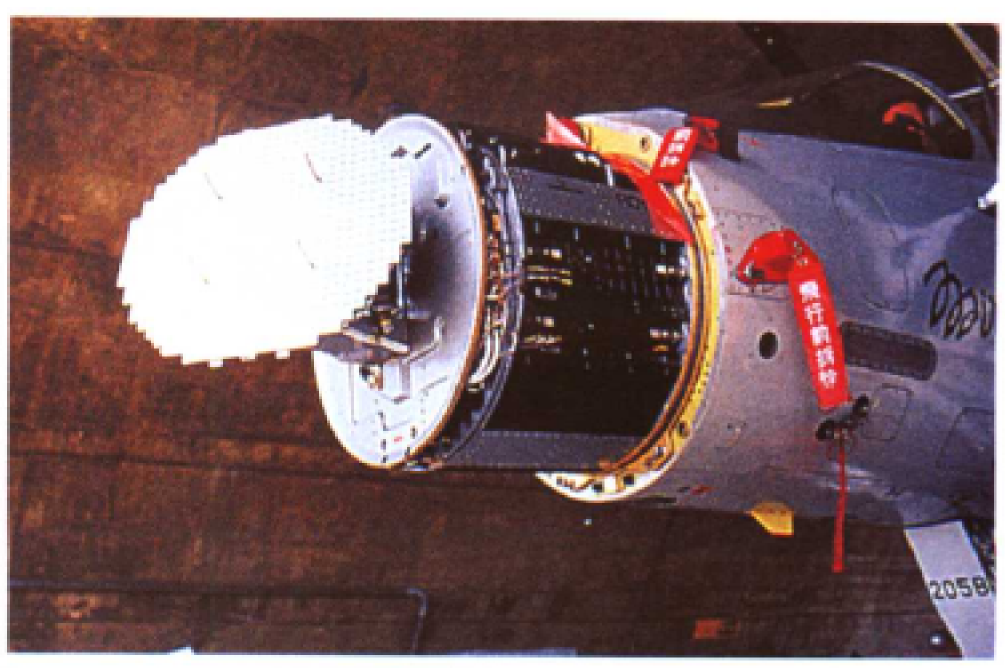
20世纪80年代已有对空间轨道目标进行成像的地基逆合成孔径雷达，如美国的X波段远程成像雷达LRIR，其分辨力为0.25米。随着技术的发展，90年代出现了能够安装在飞机或直升机上对舰船目标进行逆合成孔径成像的雷达，如法国的“海洋霸王（Ocean-master）400”，其分辨力为3米。90年代末世界上许多国家开展对飞机目标进行高分辨力成像的逆合成孔径雷达试验，获得了良好的图像。这种技术的发展，使安装在运动平台上的雷达亦能对运动目标进行逆合成孔径成像。将此技术应用于多种雷达以获取对目标进行成像识别功能的前景良好。

（王被德）

maichong duopule leida

脉冲多普勒雷达 (pulse-Doppler radar)　利用回波信号的多普勒效应，采用高、中脉冲重复频率对回波脉冲串进行相干频域处理来抑制杂波，从而分辨和检测运动目标信号的脉冲雷达。它的理论基础是目标相对雷达运动时产生多普勒频移，从而可以利用速度差所产生的频率差来区分运动目标和背景干扰，从强杂波中分离和检测出目标信号。脉冲多普勒体制主要用作具有下视能力的机载雷达，也可用于导弹制导、战场侦察、气象观测等。与动目标显示雷达相比，脉冲多普勒雷达具有更强的抗杂波性能，并能精确测速和具有高的速度分辨力。由于脉冲多普勒雷达采用高或中脉冲重复频率，因此存在目标距离模糊或同时存在距离模糊和速度模糊。而动目标显示和动目标检测雷达采用低脉冲重复频率。

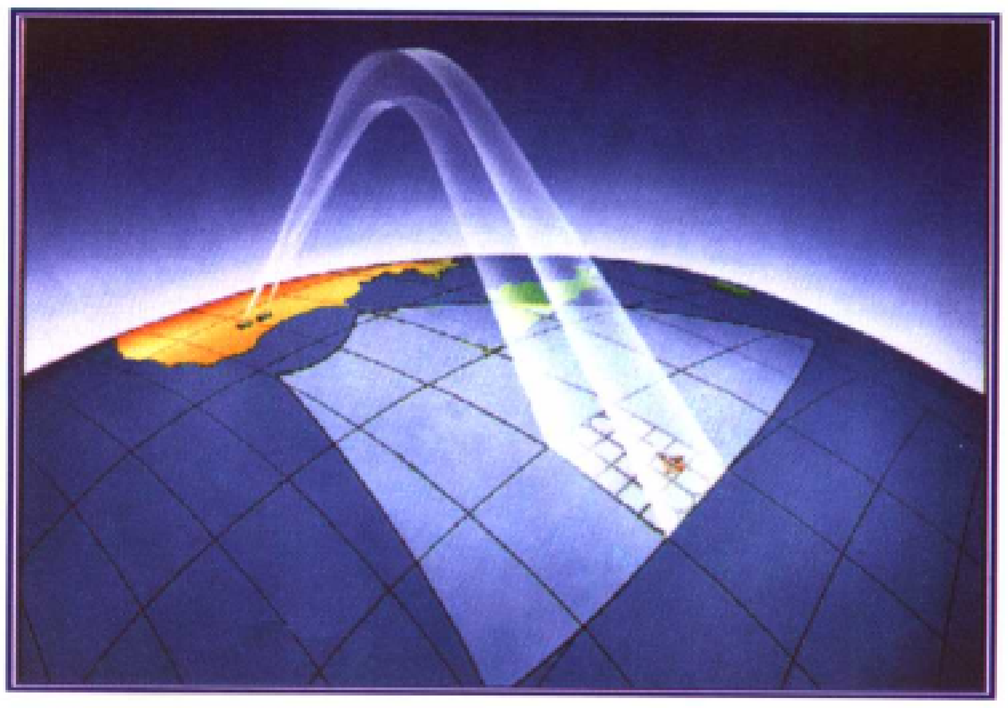
脉冲多普勒雷达采用全相参体制，采用具有极高频率稳定度和频谱纯度的主振放大式发射机，使用低副瓣天线，以



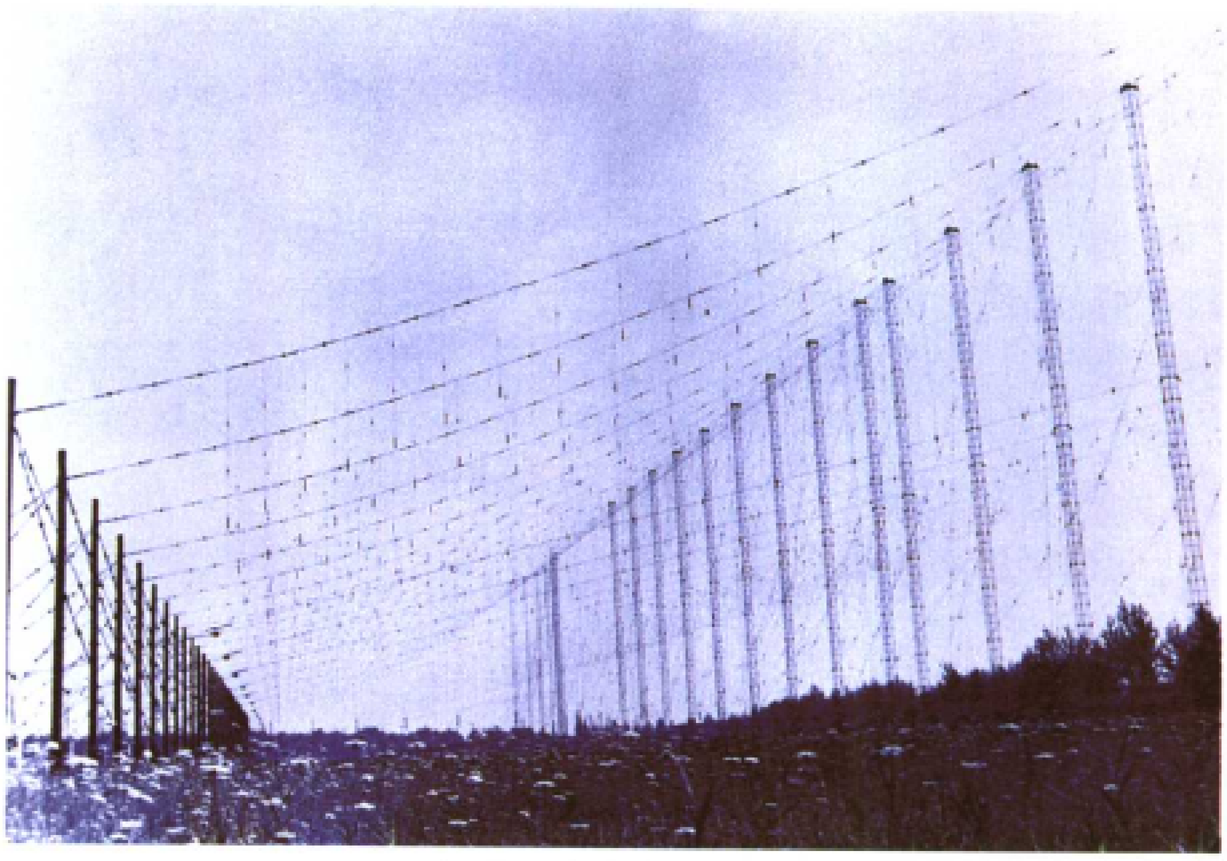
机载脉冲多普勒雷达

降低从天线副瓣进入雷达的杂波强度。接收机中设有多个距离门，每一个距离门通常对应一个距离单元。在相应的距离单元中经过窄带多普勒频率滤波器组对信号和杂波进行滤波分离，取出运动目标回波的中心谱线，把运动目标从强杂波背景中检测出来。通常采用变脉冲重复频率的方法来解距离模糊。

脉冲多普勒雷达于20世纪50年代末问世，最早用于机载导弹寻的。随着微电子技术和数字处理技术的发展，脉冲多普勒雷达发展很快，应用范围越来越广。装有脉冲多普勒雷达的预警机已成为探测低空飞行的飞机和巡航导弹的重要军事装备。70年代研制出的机载脉冲多普勒雷达能根据不同的战术用途自动变换脉冲重复频率。采用计算机控制的机载脉冲多普勒雷达可具有导航、预警、跟踪等功能，并在作战飞机进行空中战斗活动时起重要作用（见图）。某些舰载雷达和地面雷达为了在多种杂波同时存在时仍有良好的动目标检测性能，也采用脉冲多普勒体制。采用多种复杂信号、灵活先进的信号处理是脉冲多普勒雷达的发展方向。（沈 齐）



天波超视距雷达工作原理示意图



中国天波超视距雷达

chao shiju leida

超视距雷达 (over-the-horizon radar)

工作在短波波段，能探测地平线以下远距离目标的地面雷达。军事上通常用于对弹道导弹、战略轰炸机的早期预警，以及对低空飞机、巡航导弹、海面舰艇的警戒等。按电磁波传播方式，分为天波超视距雷达和地波超视距雷达两类。

天波超视距雷达是利用大气电离层反射作用探测目标，分为前向散射型和后向散射型两种。前向散射的天波超视距雷达利用目标对电磁波的前向散射和电离层的扰动来探测目标，收发站需要相距数千千米，且多站配置才能确定目标的位置，20世纪80年代以后已极少采用。后向散射的天波超视距雷达利用目标对电磁波的后向散射原理探测目标，只需相距较近的收发双站，就能够探测活动目标，提供方位、距离和径向速度等数据，具有良好的探测性能。主要是：探测距离远，可达3 000千米以上，预警时间长；探测区域广，可达数百万平方千米；对电离层（位于几十至几百千米的高度）以下的全高度均可探测；低空探测能力强，消除了地球曲率对雷达低空探测的限制，可探测远程低空目标；可利用目标的电离特性，探测弹道导弹喷焰、核爆炸等。由于工作在高频波段，具有良好的反隐身、抗反辐射武器攻击的能力。主要不足是：探测精度较低；受电离层变动的影响较大，不能全时间使用；阵地条件苛刻，设备复杂，费用相对较高。

后向散射天波超视距雷达一般采用相控阵天线，天线阵的法线应指向主要探测方向，在方位上电扫，由于工作频率低，为获得足够的探测方位精度和威力，天线阵列长达数百米至数千米。探测数千千米外的目标，需强大的探测能量，采用连续波体制，可有效地降低发射的峰值功率，减少对环境的电磁影响。天波超视距雷达的波束具有下视特性，地物和海浪比目标的回波要强几个数量级，必须采用高性能多普勒信号处理技术检测，相应要求发射机有高频谱纯度。电离层的变化会给天波超视距雷达的传播损耗、回波衰落、路径变化和频谱展宽等带来显著影响，必须实时监测电离层的变化，及时调整和修正雷达的工作参数。为此，应配置完善的电离层监测设备。后向散射的天波超视距雷达依靠电离层的反射，约800千米以内是探测盲区，所以多部署在纵深腹地。

地波超视距雷达是利用电磁波在地球表面绕射作用探测目标的，对海面目标以及低空目标具有良好的探测能力。受地波传播损耗的限制，为减少传播损耗，一般部署在海岸边。探测距离一般可达200～400千米。

天波超视距雷达的概念始于20世纪40年代。美国于60年代初进行体制验证实验，70年代开始后向散射天波超视距雷达的研制，80年代初美国空军开始实施部署，90年代以后，海军加强了超视距雷达的发展，并开展了“先进超视距雷达（AOTH）”的技术研究。苏联60年代后期开始研制，70年代中期开始部署使用。中国在70年代初开始研制工作。90年代以后，超视距雷达技术得到了较大的发展，主要是提高对小目标的检测能力和探测精度；利用海面上的大气波导效应，发展微波超视距雷达。（李耀元）

chao kuandai leida

超宽带雷达 (ultra-wide-band radar)

信号瞬时带宽超过中心频率25%以上的雷达。使用的信号波形可以是极窄脉冲，宽度为纳秒级。或者使用调频信号，调频带宽超过其中心频率的25%。例如使用超宽带技术的合成孔径雷达，可实现高分辨力成像，工作于较低频率（VHF/UHF波段）的超宽带合成孔径雷达还可实现对簇叶、地表等覆盖下的目标进行探测和精确成像。

超宽带雷达在军事上早期用于雷达截面积的测量。尔后，其高距离分辨力特

性与合成孔径和逆合成孔径雷达技术结合，为雷达成像技术奠定了基础。它具有克服常规雷达在低仰角探测目标时所产生的多路径效应的能力；超宽带雷达的超宽带特性可覆盖各种形状物体的电磁谐振频率，用于目标识别。

（陆汝玉）

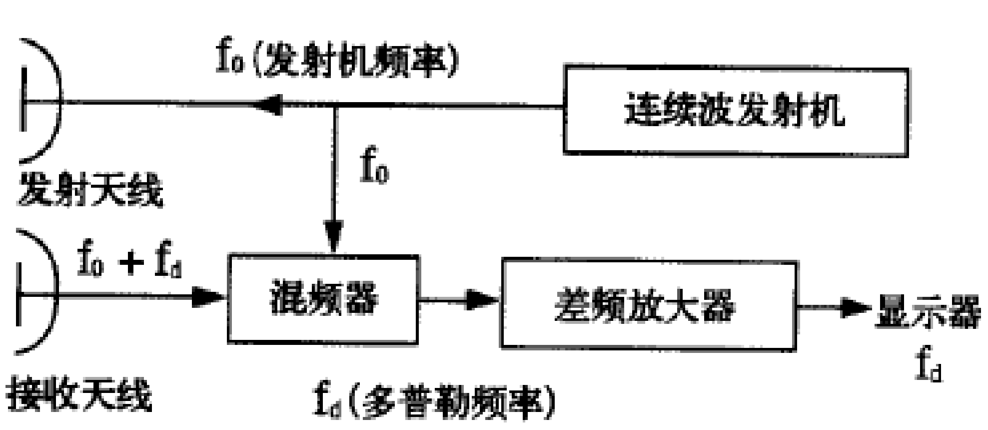
lianxubo leida

连续波雷达 (continuous wave radar)

发射连续波信号的雷达。按信号形式分为非调制单频、调频、相位编码、多频等连续波雷达。①非调制单频连续波雷达(见图)。发射未经任何调制的单一频率(f_0)的纯连续波信号。当电磁波遇到运动目标时，其回波信号的频率将产生多普勒频移，频移量与目标的径向速度成正比。接收天线收到的回波信号与发射信号混频后，其差频信号即为目标的多普勒频率信号，以此即可计算出目标的速度，并显示在荧光屏上。非调制单频连续波雷达能对具有任何速度的目标测速，并且不产生速度模糊，但不能测量目标的距离。②调频连续波雷达。工作频率按一定规律作周期性变化。常用的线性调频连续波雷达的工作频率随时间做周期性的线性变化，在任何给定瞬间，发射频率与接收频率的相关不仅能测量目标距离，而且还能测量目标的径向速度。③相位编码连续波雷达。发射信号由周期性变化的编码子脉冲序列进行相位调制，根据目标回波信号与发射信号的相位变化的起始时间差进行测距，并利用多普勒频率测径向速度。伪随机相位编码连续波雷达具有良好的反侦察、反干扰能力。④多频连续波雷达。发射信号具有两个以上的载频，利用不同频率的回波信号的相位差，测定目标的距离。

连续波雷达与脉冲雷达相比有很多优点。容易在小峰值功率上获得大的信号能量，易获得较大的时宽带宽积，得到好的距离和多普勒频率分辨力，连续波雷达抗截获性能好，设备简单，抗干扰能力较强。但存在发射信号泄漏进入接收机影响其工作的问题。

连续波雷达主要用作机载多普勒导航仪、雷达高度表、导弹制导和跟踪照射雷达、导弹和炮弹测速雷达、便携式战场侦察雷达、近炸引信和天波超视距雷达等。美军装备的386伪码调相连续波雷达，是20世纪80年代末美国通用动力公司研制的一种采用伪随机码连续波体制的新型便携式雷达，工作在X波段低端，能对目标进行自动检测、跟踪和报警，并可与其他雷达联网工作。随着技术的发展，连续波体制在低截获概率雷达领域得到广泛应用。



非调制单频连续波雷达原理示意图

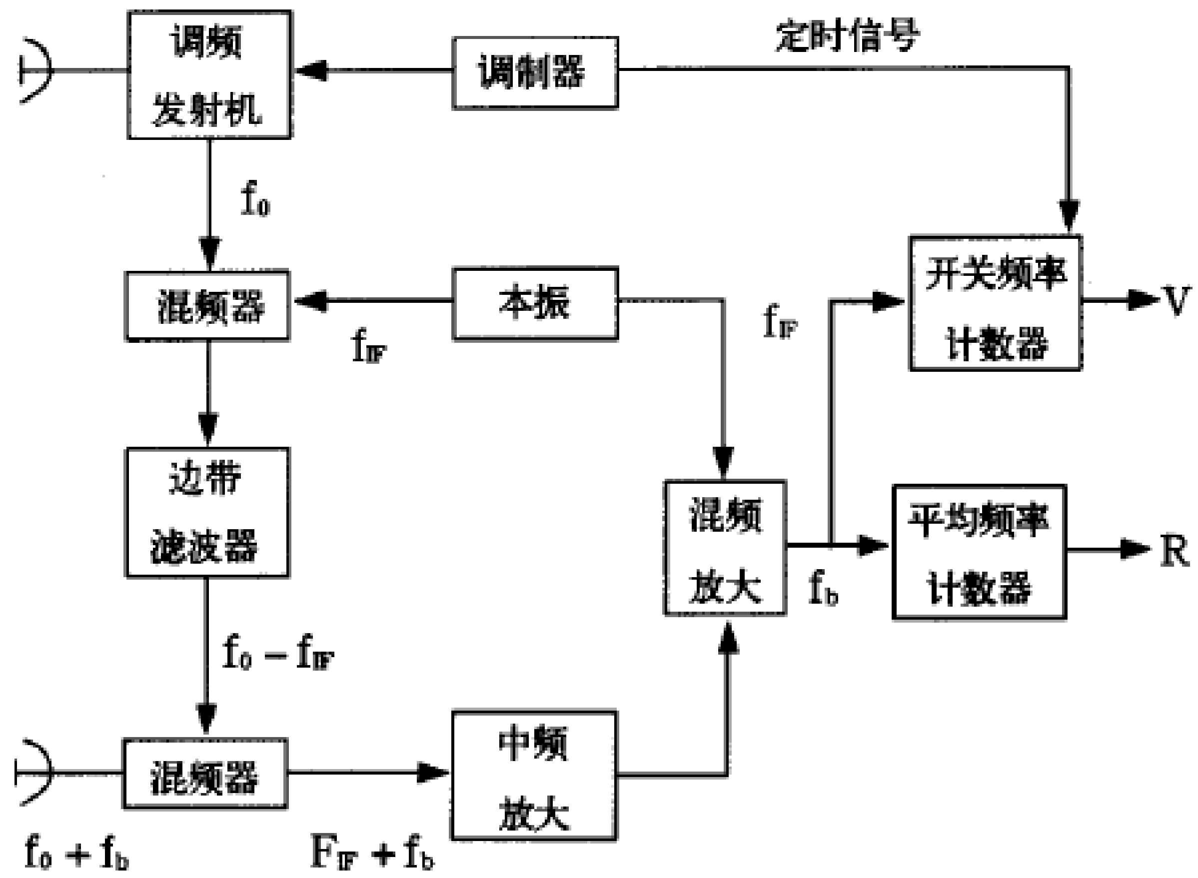
（杨小雷）

tiaopin leida

调频雷达 (frequency modulation radar)

按照某一规则调制发射信号载波频率的连续波或准连续波雷达。调频连续波雷达在时间上改变发射信号的频率，通过测量接收信号与发射信号间的瞬时频率差，确定目标的距离，并根据回波的多普勒频率测定径向速度。调频雷达主要用于测量飞机的飞行高度以及对地面人员、车辆等活动目标的探测。

调频连续波雷达的发射机产生连续射频等幅波，有线性调频和非线性调频连续波，其频率在时间上可按三角波、锯齿波、正弦波或噪声波等规律变化。连续波雷达一般发、收各用1个天线。线性调频连续波雷达(见图)发射信号的频率随时间做周期性的线性变化，目标回波信号和从发射机直接耦合的信号加到接收机混频器内，在电磁波传播到目标并返回天线这段时间内，发射频率较之回波频率已发生变化，因此混频器产生差频信号。测量频率差值的大小确定目标的距离，并根据回波的多普勒频率测定其径向速度。距离分辨力取决于测量频率差值 f_b 的分辨力或精度，而测量f_b的精度取决于调频带宽和调制的线性度。线性调频连续波雷达具有极大的时间带宽积，使得该体制的雷达信号不易被电子侦察设备截获；距离分辨力高，并且可以改变距离分辨率力；抗干扰能力强。



线性调频连续波雷达组成方框图

1924年，英国最先使用调频连续波发射信号测量电离层高度。

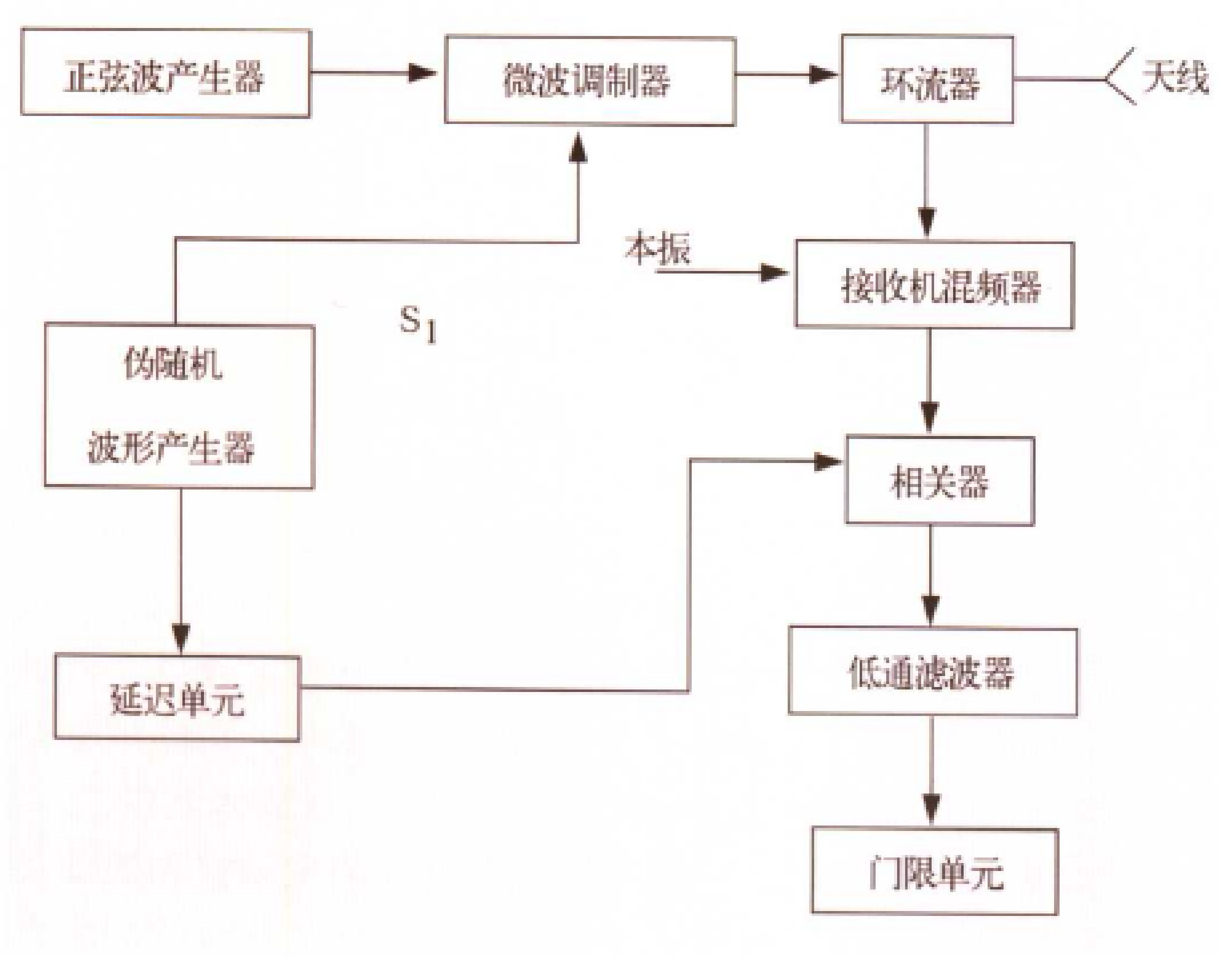
（杨小雷）

zaosheng leida

噪声雷达 (noise radar)　发射噪声或噪声调制载波的连续波信号的雷达。通常以类噪声雷达的形式出现。20世纪60年代开始研制，通常用于近程探测，具有较高的目标发现能力、距离和速度分辨力、参数测量精度、抗截获能力和抗干扰性能。但需要采用极宽频带的器件，技术实现难度大。

类噪声雷达发射宽频带超高频噪声信号，或用低频噪声调制载波的信号，而不是脉冲或有规律的调制连续波信号，这种信号是非周期性的。通过对接收信号进行较为复杂的数据处理，可获得目标的距离、速度等参数。类噪声雷达采用宽频带、连续波体制和相关信号处理技术，以及噪声信号的随机性，使得雷达能够在比较恶劣的无线电干扰环境条件下检测目标的回波信号。

一种类噪声雷达是采用伪噪声信号调制的连续波雷达(见图)。伪随机波形产生器输出的伪随机视频信号 S_1 送到微波



伪噪声波形雷达原理方框图

调制器和延迟单元，正弦波产生器的输出信号也被送到微波调制器。在微波调制器的输出端，产生相位编码信号，其相位根据伪随机序列S_1的波形产生π突变，并通过环流器送到天线向空间辐射。接收信号通过环流器送到接收机混频器，与本振信号进行混频处理。接收信号不同于S_1调制序列，而是根据电磁波照射到目标并返回的传播时间产生位移。在接收机混频器的输出端，得到差拍伪随机信号，并与代表预期电波传播时间的序列在相关器进行相关。如果预期电波传播时间和实际电波传播时间相同，相关器输出端的电压为最大值。

（杨小雷）

chongji leida

冲击雷达 (impulse radar) 发射信号为纳秒级极窄脉冲的无载波雷达。是一种新型体制的雷达。由冲击脉冲产生器、超宽带天线、超宽带高灵敏度接收机以及实时信号处理设备等部分组成。冲击雷达与常规雷达的主要区别是信号频谱极宽，可以从接近直流到10GHz，是一种超宽带雷达。冲击雷达具有极高的距离分辨力，能够分辨目标上各单个散射体。

冲击雷达的关键技术是产生上升沿和下降沿极陡的大功率发射脉冲信号、研制超宽频带的高灵敏度接收机以及超宽频带收发天线。发射信号要求近似冲击脉冲，脉冲宽度为纳秒（ns）级，前后沿宽度更窄，为皮秒（ps）级，要获得大的发射功率是很困难的。发射脉冲源主要是雪崩管、隧道二极管、阶跃二极管振荡器。冲击雷达的接收机既要求超宽频带又要求高灵敏度，须研制多通道采样接收机。收发天线的超宽频带，技术实现难度大。在实验室中，冲击雷达可较方便地测出目标的冲激响应，为目标的分类、识别和特征提取等研究领域提供原始数据。根据这些原始数据对各类目标进行建模，将模型参数作为特征矢量，利用特征矢量建立检测、判决统计量检测目标，用于目标识别。



一种探地冲击雷达

注：图中右边箱体中置有发射脉冲源、取样接收电路以及收发天线等，左边是显示和实时数据处理系统

冲击雷达的许多关键技术还有待进一步解决，至21世纪初，主要用于对地下目标的探测和实验室中对目标特性的研究，尚不能用于对空中远距离目标的探测。冲击雷达作为一种新型有效的浅层地下目标探测雷达（见图），能够探测地下的地质结构和埋藏于地下的各种金属和非金属管道、电缆、地基、路基、坑道、考古遗址、地质剖面等人工或非人工结构，可广泛应用于国防、城建、交通、地质、考古、油田、煤炭、邮电、公安等部门。

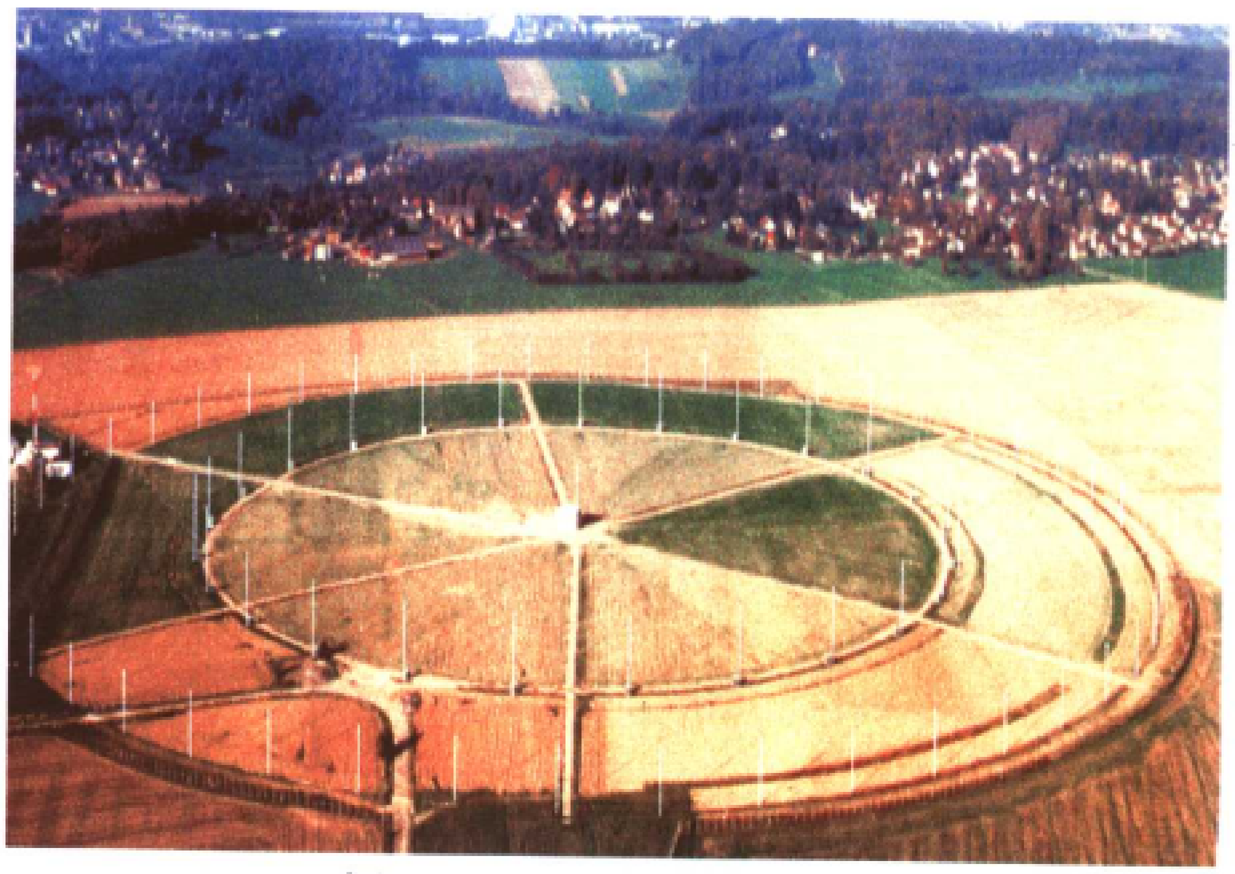
（王保珉）

xibuzhen zonghe maichong kongjing leida

稀布阵综合脉冲孔径雷达 (sparse array synthetic pulse and aperture radar) 采用大型稀布天线阵，同时进行脉冲和天线孔径综合，提供目标方位、距离、高度和径向速度四维信息的雷达。通常工作在米波波段。

该系统既不用机械旋转扫描，也不用电控扫描，而是在数字域计算形成发射和接收天线阵方向图，是一种可以同时进行搜索与跟踪的系统，具有很大的灵活性；由于采用全数字综合和处理，具有较高的测角精度和较好的方位分辨力，可以较好地解决普通米波雷达存在的角分辨力差、测角精度低等问题；由于各辐射单元采用了宽脉冲全向辐射，辐射脉冲功率较低，因而是一种具有较好低截获概率（LPI）特性的雷达；天线形式简单，便于伪装；工作在VHF（米波）频段，对隐身飞机、巡航导弹等目标具有较好的探测能力，且在对抗反辐射武器攻击方面有一定的优势。

稀布阵综合脉冲孔径雷达的发射和接收天线分置，采用全向天线单元稀疏布阵（见图）。采用宽脉冲发射，各辐射单



稀布阵综合脉冲孔径雷达示意图

元的发射信号具有一定的频率间隔，构成一组正交频率编码发射信号，使得辐射能量在全方位均匀分布（无相干斑）。在接收处理中对回波进行空时匹配滤波处理，通过解码分辨出各个发射阵元的辐射信号分量，再按设置的空间分辨单元作时延校正和相位补偿，使各个分量相干组合以得到窄脉冲，实现脉冲合成的综合脉冲。同时，接收阵按相控阵波束形成的方法得到接收方向图，实现阵列合成，即综合孔径。由于发射单元是全向辐射，为了得到足够的检测能量，需要采用一定的相干积累时间，这样可以获得精细的多普勒频率分辨力，能比较精确地测定目标的径向速度。

稀布阵综合脉冲孔径雷达的基本概念是法国航空航天研究局于20世纪70年代后期提出的，80年代后期研制成功了一个实验系统。21世纪初，稀布阵综合脉冲孔径雷达在降低栅瓣影响，各通道（发射、接收）幅度相位误差的实时、自动测量和校准技术及复杂的大容量、高速、多波束覆盖的并行实时信号处理技术等方面正在做深一步研究。

（吴铁平）

wuyuan leida

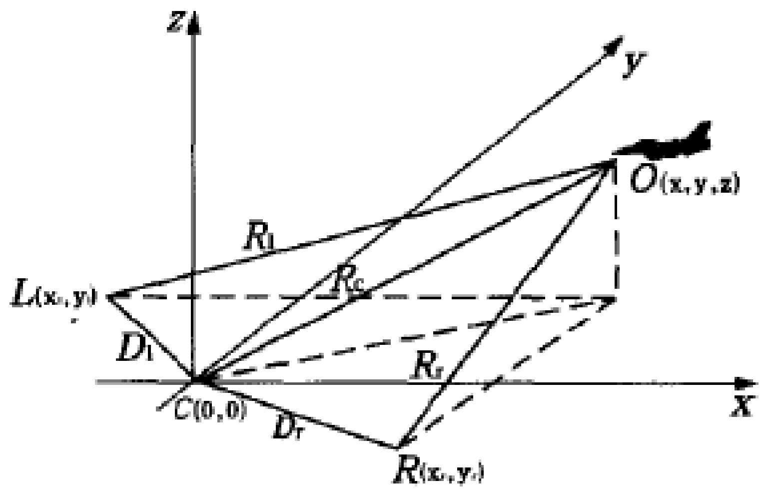
无源雷达 (passive radar) 本身不发射电磁波，通过接收目标辐射的电磁波或目标被其他辐射源照射时散射的电磁波实时获得目标信息的雷达。亦称无源探测系统或被动雷达。

无源雷达只在目标辐(散)射信号时才能工作。通常由多个传感器接收目标辐(散)射的信号而实时测定出目标的位置，对本身辐射信号的目标可凭借数据库的比对判断目标的性质。无源雷达与有源雷达相比，隐蔽性好，不易受反辐射武器攻击；对干扰源亦能定位，与有源雷达探测进行互补。

对于接收目标自身辐射电磁波的无源雷达，测定目标位置的主要技术分为：①多站长基线到达时间差定位技术（见图）。当辐射源O的同一个脉冲分别被3个站截获后，左(L)、右(R)站接收的脉冲再传到中站(C)，左、右站与中站接收脉冲的时间差Δt_l、Δt_r分别为：

$$\Delta t_l=\frac{R_l+D_l-R_c}{C}$$

$$\Delta t_r=\frac{R_r+D_r-R_c}{C}$$



长基线到达时间差定位技术示意图

其中C为光速。上述两个时间差等于定数的方程在水平面上对应两条双曲线，其曲线交点即为目标平面位置。若采用4个接收站，能测出含有目标高度的三维坐标。②单站测向—多站交叉定位技术。单站测向常用旋转天线最大信号法或单脉冲、干涉仪法或在单站用两个分开的传感器测脉冲波前到达时间差判定方向。根据各站测得的方向再经交叉定位得出目标的位置。为滤除多目标环境中的虚假定位点，一般要3站交叉定位。用上述两种技术组成的系统，设置的3个基站一般都相距几十千米，才能将目标位置定位到与有源情报雷达可比拟的精度，其中长基线到达时间差技术能获得更高的定位精度。数据库中存有已知辐射源的多种电参数，如载频、脉宽、重频、极化、天线转速、扫描方式等，有的还具有脉内频谱分析的参数。凭借数据库的这些“指纹特征”进行比对，可较好地判定目标性质。

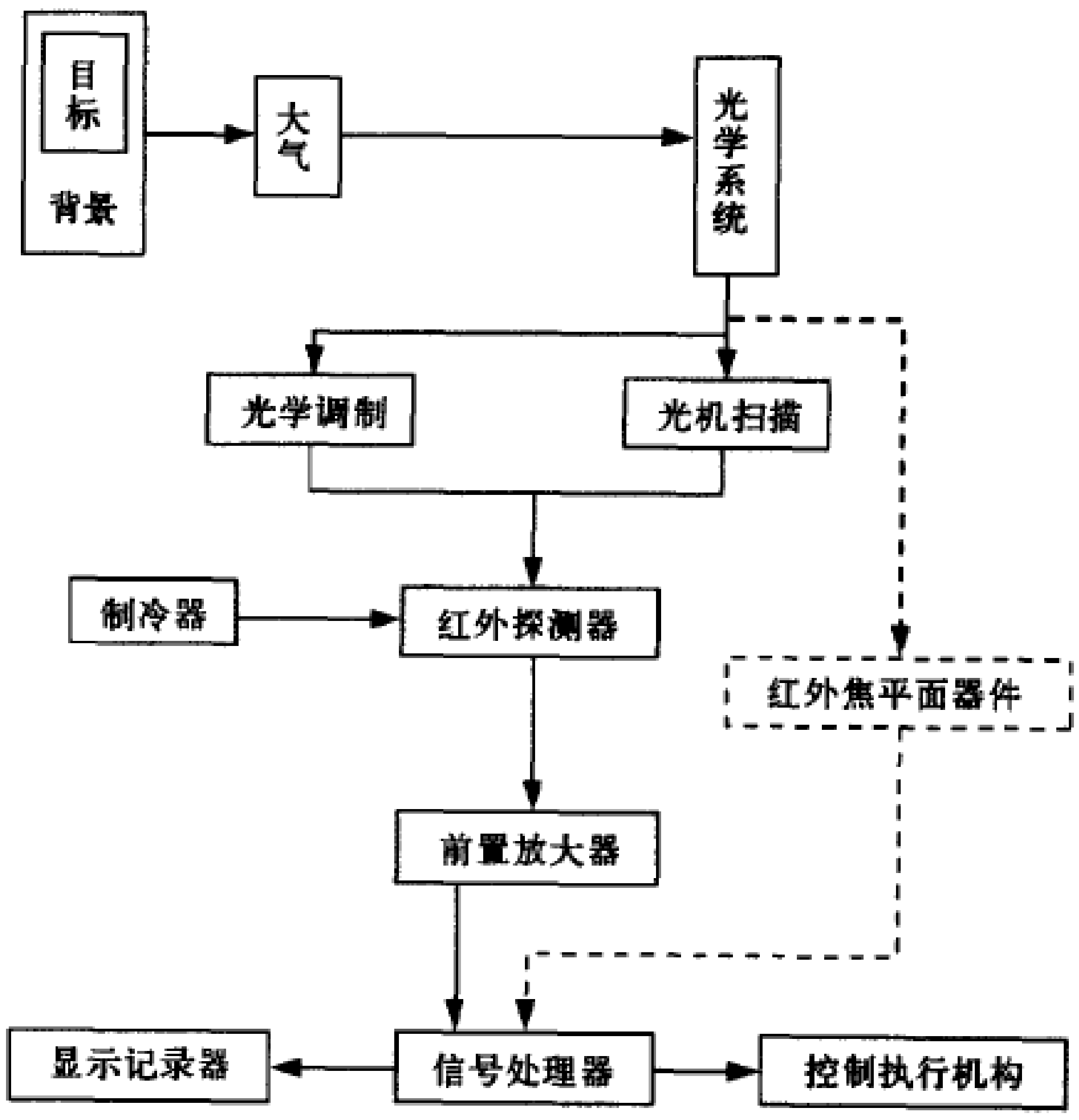
无源雷达从电子情报侦察设备发展而来。20世纪80年代末捷克以多站长基线到达时间差定位原理研制出TAMARA系统，并于90年代末改进为VERA—E系统；美国、法国、意大利、以色列及乌克兰等国家也有此类装备。无源雷达是21世纪防空雷达网中的一种重要探测装备。

（贾玉贵）

hongwai leida

红外雷达 (infrared radar) 借助红外波段的电磁波对目标进行探测、定位和识别的雷达。特点是测定目标坐标的精度高，但探测距离受气象条件和周围环境条件的影响很大，经大气层衰减严重，所以红外雷达的工作频段必须处于能够透过红外辐射的大气窗口，粗略地划分为1～2.7、3～5、8～14微米波段。

按工作方式可分为主动式和被动式两类。主动式红外雷达工作原理同激光雷达；被动式红外雷达通过接收目标本身发出的红外辐射实现对目标的探测、成像或跟踪，隐蔽性好，识别能力强，分辨力高。被动式红外雷达(见图)主要由光



被动式红外雷达组成方框图

学系统和光机部件、红外探测器、显控系统和电源组成，核心是红外探测器，它将红外辐射转变为电信号，性能、元数和排列方式对系统性能产生重要影响。大规模红外焦平面器件的应用，使红外雷达实现凝视成像，并无须再用光机扫描部件，缩小了红外雷达的体积和重量。被动式红外雷达只能测定目标角坐标，但可

以用多站交叉定位测定目标的位置。装载于卫星平台的被动式红外雷达，可探测陆基和潜射弹道导弹发射阶段的尾焰进行预警。

红外雷达随红外焦平面器件阵列、图像处理和自适应光学技术的发展，性能更加完善，与凝视红外成像、模式识别和计算机技术相结合，将进一步提高红外雷达的自动化、智能化水平。

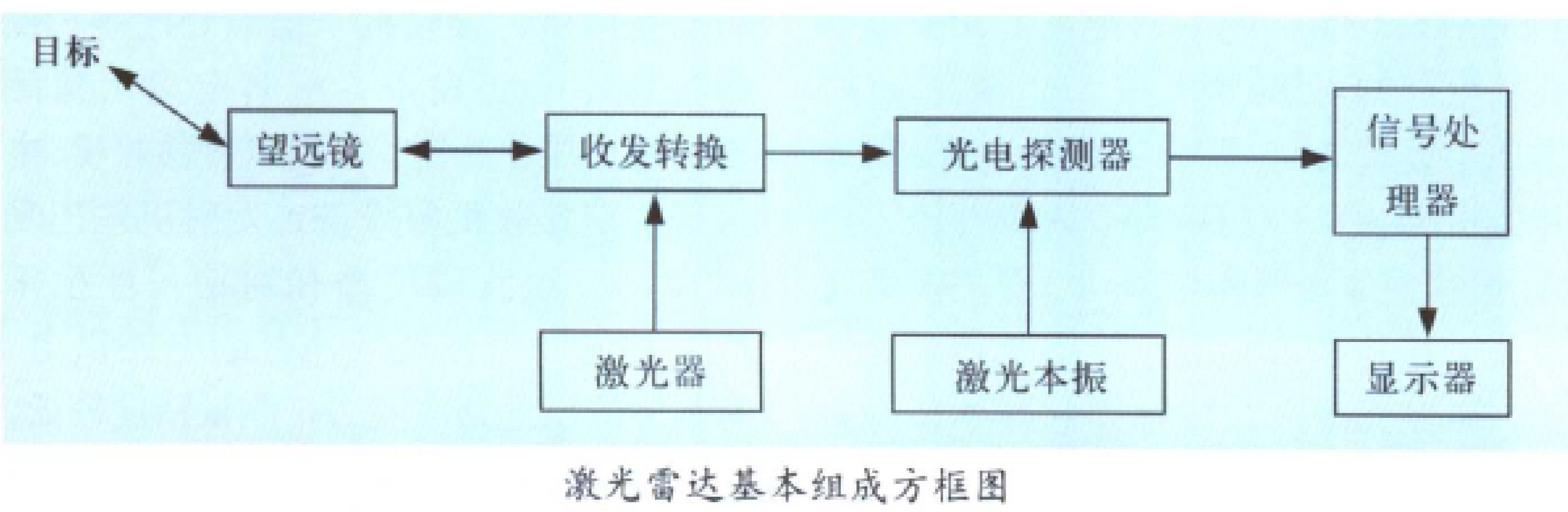
（杨小雷）

jiguang leida

激光雷达 (laser radar) 用激光束探测目标的雷达。雷达技术与激光技术相结合的产物。按照用途，可分为跟踪、测速、动目标指示、成像等雷达；按探测方法，分为直接探测与外差探测；按工作方式，分为脉冲和连续波两种，通常使用脉冲工作方式。

激光雷达的特点是：①工作波长短。很小的天线口径就可获得很窄的波束，因而方向性好、测角精度高，不受地面杂波干扰，可以低仰角工作；探测运动目标时多普勒频率高，所以速度分辨力极高，但搜索和捕获目标较难；有效绝对带宽很宽，能产生极窄脉冲、以脉冲方式工作的激光雷达测距精度高、体积小、重量轻。②单色性和相干性好。气体激光器的谱线宽度很窄，而且频率稳定度很高，可实现高灵敏度外差接收，制成高灵敏度有害气体遥感雷达。③对等离子体的穿透能力强，蓝绿激光适合水下传播。④在大气中的衰减大。云、雾、烟、尘等的吸收和散射会大大影响激光雷达的作用距离。

激光雷达由望远镜（光学天线）、激光器、光电探测器、信号处理及显示器等部分组成（见图）。通过望远镜向目标发射一定形式的光信号，经过目标反射后，回波信号被接收望远镜汇聚到光电探测器上，根据回波信号的时延、强度、频率变化及光斑在探测器光敏面上的位置来确定目标的距离、方位、速度和图像，并在显示器上显示出来。激光雷达测距有两种基本方法，即脉冲测距法和相位测距法。脉冲测距法基于测量脉冲发／收时间延时的原理；相位测距法是连续波雷达所用的方法，测量回波与发射信号间的相位延迟。激光测速基于测量由目标径向运动产生的多普勒频移原理。回波信号与发射光的一部分同时射到光电探测器即混频器上，测出差拍信号，即多普勒频率，计算出目标的径向速度。激光测角基于雷达发射窄波束。光束射中目标并检测到回波，波束的指向就是目标的方向，通过雷达基座方位和俯仰轴上的轴角编码器就分别测出目标的方位角和俯仰角。激光成像是借助二维光学扫描装置，使发射光束对目标进行扫描，目标的回波中含有反映目标相应部分强度、距离和速度信息，经过信号处理后在显示器上得到区别于背景的目标图像。



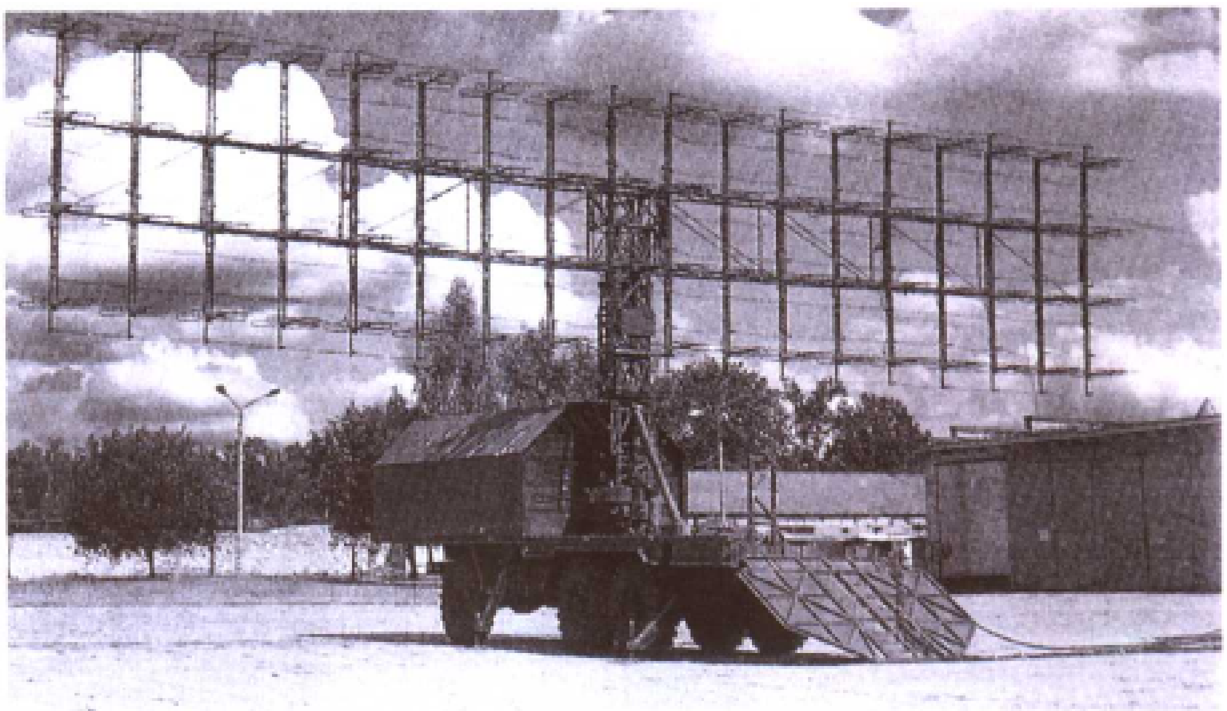
激光雷达基本组成方框图

激光雷达在军事上可用于对导弹和火箭初始阶段的跟踪和测量，飞机和巡航导弹的低仰角跟踪测量，卫星的精密定轨和气象预测，目标成像和目标识别，水下目标探测，化学战剂测量等方面。激光雷达将朝着研制多种激光源、新体制、多功能和多传感器一体化的方向发展。

（陆汝玉）

1 Л 13-3 Leida

1 Л 13—3 雷达 (1 Л 13-3 Radar) 苏联下诺夫哥罗德无线电技术研究所研制生产的机动型中远程两坐标雷达。主要用于对空警戒，可比较精确地测定空中目标（包括隐身飞行器）的两维坐标（距离、方位角）。1983 年开始装备苏联军队。



1 Л 13 － 3 雷达

1 Л 13−3 雷达采用由 18 组水平极化偶极子阵组成的平面阵列天线，宽 16 米，高 3.24 米，运输时可折叠安放；机动性好，由 3 辆设备运输车和 1 辆天线拖车组成；配有自检电路，维修性好；可在 500 米处进行遥控操作。

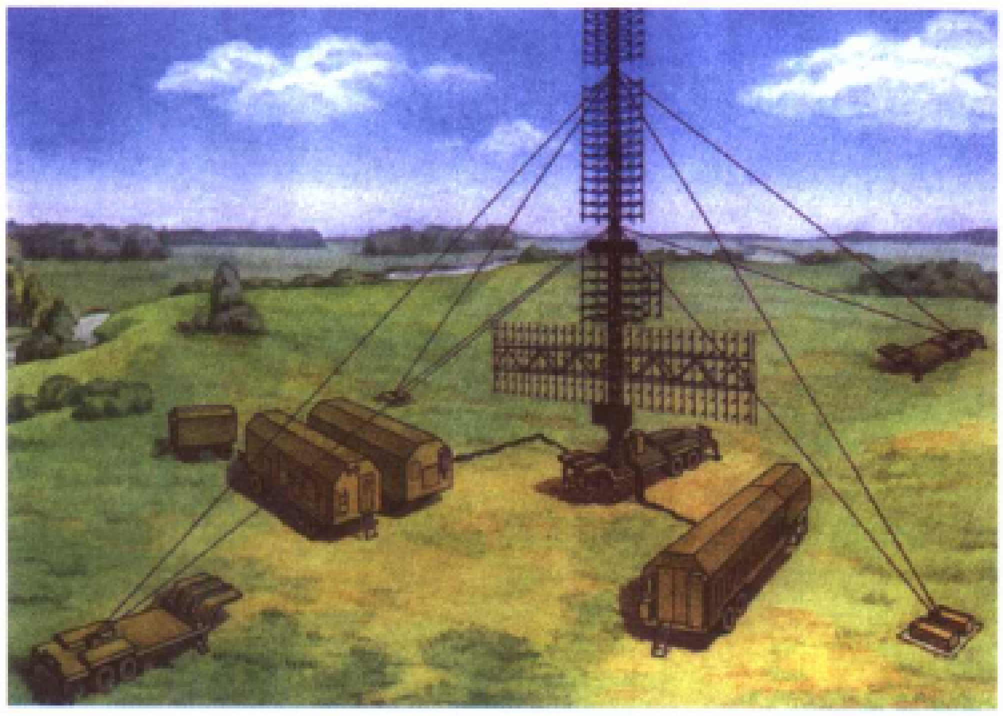
主要战术技术性能：工作频段为 VHF；对雷达截面积为 2 平方米的目标最大探测距离为 250/330 千米（目标高度 10 000/27 000 米），测方位角范围 0°～360°，最大探测仰角 25°，最大探测高度 30 000 米；测距误差不大于 400 米，测方位角误差不大于 40′；平均无故障工作时间 250 小时；架撤时间 45 分钟（4 人操作）；地杂波抑制系数不小于 45 分贝，箔条抑制系数不小于 23 分贝，反有源干扰措施有频率捷变、脉冲压缩、抗异步干扰、恒虚警等；具有探测隐身飞行器和抗反辐射导弹攻击的能力。

（屠国纶）

55 Ж 6-y Leida

55 Ж 6— У 雷达 (55 Ж 6 - У Radar) 俄罗斯联邦下诺夫哥罗德无线电技术研究所研制生产的机动型远程三坐标雷达。主要用于对空警戒引导，可精确测定空中目标（包括隐身飞行器）的三维坐标（距离、方位角、高度）。1992 年开始装备俄罗斯联邦军队，是苏联军队 1982 年装备的 55 ж 6−3（天空）雷达的改进型。

55 ж 6− у 雷达兼有三坐标雷达和米波雷达的双重特点；天线为十字形结构，水平天线宽 27 米、高 6 米，垂直天线宽 6 米、高 24 米，在仰角上形成多个接收波束来测定目标高度；三路副瓣相消抑制



55 ж 6 – У 雷达

干扰信号；发射机为双套冗余，可靠性高，可维修性好；可在1 000米处进行遥控操作；阵地需有良好的平坦反射面。

主要战术技术性能：工作频率范围160～180兆赫；对雷达截面积为2平方米的战斗机目标最大探测距离为310/400千米（目标高度10 000/20 000米），测方位角范围0°～360°，最大探测仰角为45°，最大探测高度70 000米；测距误差不大于120米，测方位角误差不大于15′，测高误差不大于500米（目标仰角大于1.5°时）或800米（目标仰角小于1.5°时）；目标容量100批；平均无故障工作时间250小时，平均故障修复时间1小时；架设撤收时间28小时；地杂波抑制系数不小于45分贝，反有源干扰措施有频率捷变、脉冲压缩、抗异步干扰、恒虚警、烧穿、副瓣相消等；具有探测隐身飞行器和抗反辐射导弹攻击的能力。

（屠国纶）

67H6E Leida

67Н6Е雷达 （67H6E Radar） 苏联全俄无线电技术研究所研制生产的全固态机动型中远程三坐标雷达。主要用于对空警戒、引导以及空中交通管制，可精确测定空中目标（包括飞机和战术弹道导弹）的三维坐标（距离、方位角、高度）。1991年开始装备苏联军队。

67Н6Е雷达采用平面阵列天线，宽8米，高5.2米，利用一维相扫测定目标高度；两路副瓣相消抑制干扰信号；有两种工作模式，等高模式用于监视高度在30 000米以下的飞机目标，等距模式用于监视仰角在60°以下、高度在60 000米以下、距离不大于330千米的战术弹道导弹；机动性好，由6辆运输车组成。可在1 000米处进行遥控操作。

主要战术技术性能：工作于L频段；对雷达截面积为1平方米的目标最大探测距离为360/330千米（等高模式/等距模式），对于雷达截面积为0.13平方米的目标最大探测距离为250/220千米（等高模式/等距模式）；测方位角范围0°～360°，最大探测仰角为30°/60°、最大探测高度为30 000/60 000米（等高模式/等距模式）；测距误差不大于100米，测方位角误差不大于10′～15′，测高误差不大于600米；距离分辨力不大于300米，方位角分辨力不大于1.35°；目标容量100～200批；平均无故障工作时间300小时，平均故障修复时间0.5小时；地杂波抑制系数不小于45分贝；反有源干扰措施有自适应频率捷变、脉冲压缩、抗异步干扰、恒虚警、烧穿、副瓣相消等；与“报贩”型抗反辐射导弹综合防护设备（告警、诱饵、施放烟幕及箔条）共用时，能防止多种反辐射导弹的杀伤。（屠国纶）



67H6E 雷达

Meiguo Qiqiuzai Leida

美国气球载雷达 （U.S. Aerostat Radar） 一种主要用于对低空和超低空目标的预警监视雷达。所用系留式气球有美国TCOM公司生产的71M浮空器和劳拉尔公司生产的420K型气球2种。所搭载的雷达主要是AN/TPS-63（V）、L-88A和改进型AN/APG-66。AN/TPS-63（V）雷达由原美国西屋公司（现美国诺斯罗普·格鲁曼公司电子传感器和系统分部）研制及生产，1972年起开始装备美国空军。

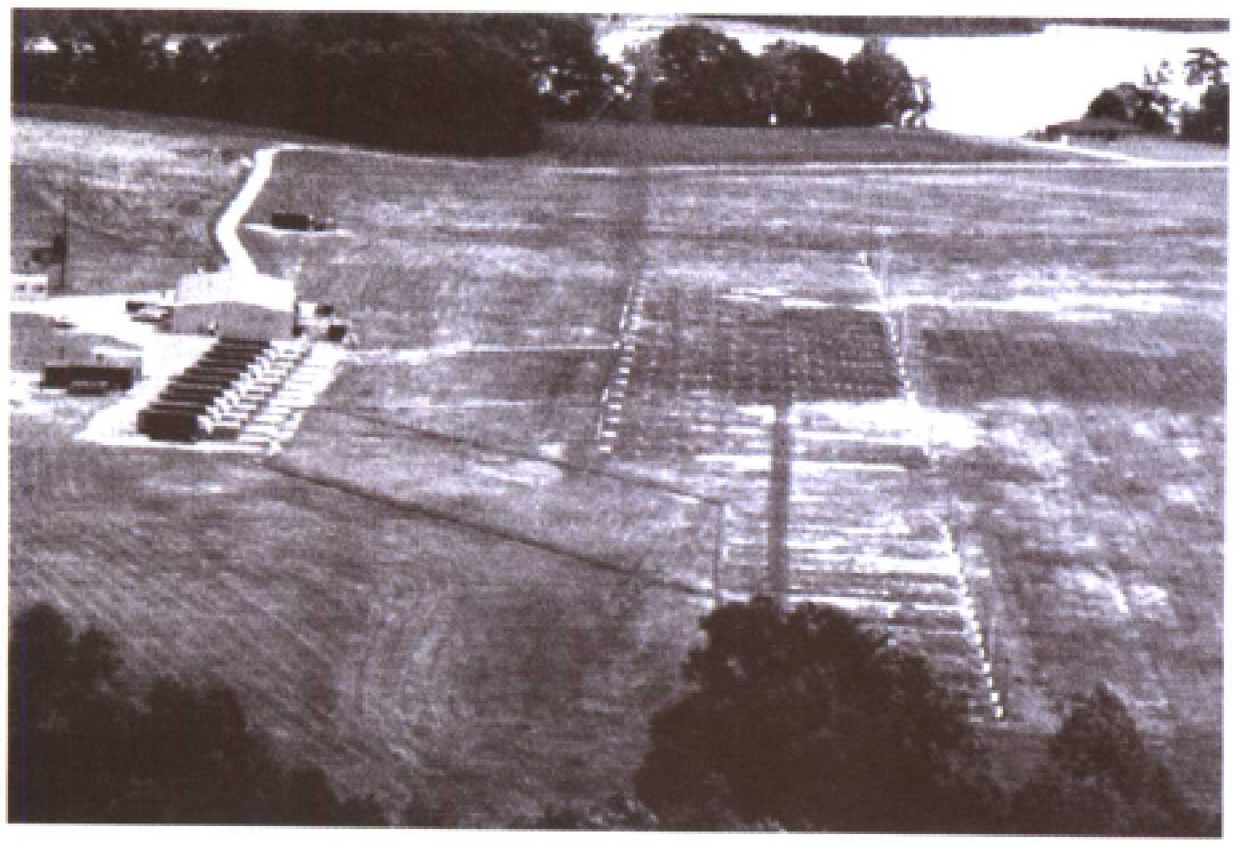
气球载雷达利用系留式气球升空，大幅度扩展了对低空和超低空目标的探测范围；采用高可靠性的固态发射机，自动化程度高、动目标显示性能好；整个系统一次升空停留时间可达30天，并可在12级大风条件下工作，还可在台风中停泊（生存）；气球使用寿命高达10年。

搭载AN/TPS-63（V）雷达时的主要战术技术性能：工作频率范围1 250～1 350兆赫；对超低空飞行的小型飞机最大探测距离278/305千米（气球升空高度4 575/5 500米），测方位角范围0°～360°；测距误差不大于150米，测方位角误差不大于0.35°；距离分辨力不大于190米，方位角分辨力不大于2.7°；最大升空高度5 500米；反地杂波改善因子60分贝，反有源干扰措施有频率捷变、脉冲压缩、频率分集、抗异步干扰、恒虚警、脉冲重复频率参差、低副瓣天线等。（屠国纶）

AN/TPS-71 Leida

AN/TPS-71雷达 （AN/TPS-71 Radar） 美国雷神公司研制生产的可重新部署的陆基天波后向散射超视距雷达。主要用于监视和跟踪远距离飞机和舰船，也用于探测远距离超低空飞行的巡航导弹等小型目标和隐身飞行器。1989年起开始实用性部署。

AN/TPS-71雷达的收发天线阵是分置的，其距离在92～185千米之间；发射天线阵宽366米，接收天线阵宽2 560米，通过数字波束形成技术实现方位扫描；雷达变换阵地时需架设新的天线阵；可重新部署部分包括用方舱装载的固态发射机、接收机、信号处理器和操作控制中心等设备；配有电离层探测器、电离层垂测器、频谱监视接收机、电离层探测接收机等设备；发射机输出功率大，对短波段广播和通信可产生干扰，并需功率高达数兆瓦的电站供电；有很强的反地杂波能力；测量精度较低，没有测高能力。



AN/TPS － 71 雷达

主要战术技术性能：工作频率范围5～28兆赫；探测距离在926～2 963千米之间；测方位角范围0°～64°，探测目标高度一般不大于100 000米；测距误差不大于20～30千米，测方位角误差不大于1°～2°；平均发射功率200千瓦；杂波中可见度75～80分贝；抗干扰措施有自适应变频、数字自适应波束、低副瓣天线、长时间信号积累等；有良好的探测隐身飞行器和抗反辐射导弹攻击能力。

(屠国纶)

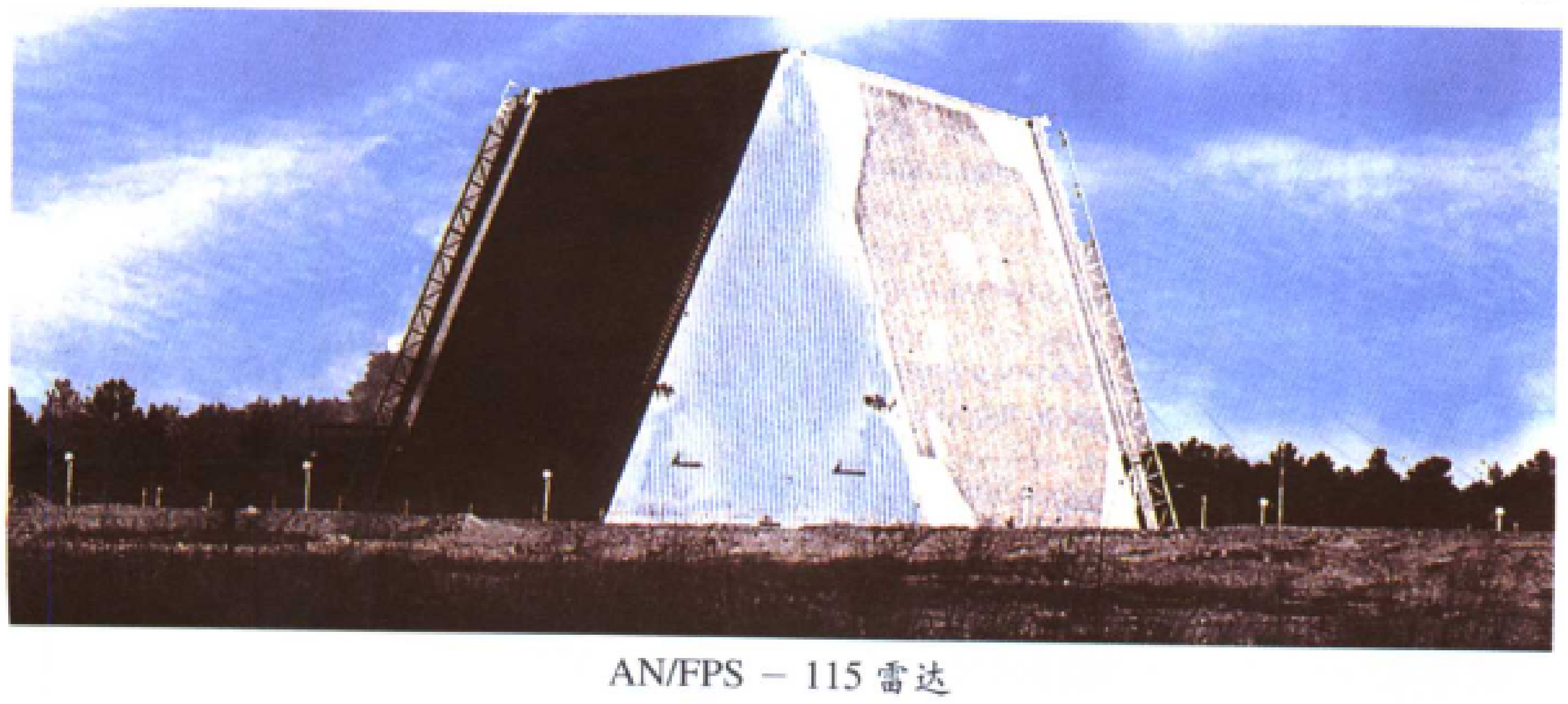
AN/FPS-115 Leidα

AN/FPS－115 雷达 (AN/FPS-115 Radar) 美国雷神公司研制生产的固定型超远程全固态有源相控阵雷达。用于对各种中远程弹道导弹（包括潜射弹道导弹）预警，也可用于对空间目标监视。主要包括以下型号：20世纪80年代生产的“铺路爪”（PAVE PAWS）雷达；90年代生产的“弹道导弹预警”（BMEWS）雷达；21世纪初生产的“改进型预警”（UEWR）雷达。

AN/FPS-115雷达结构庞大，全部设备安装在一座高32米的梯形多层建筑物内；雷达天线有双阵面和三阵面两种，每一个阵面可覆盖方位角120°；阵面圆形，直径为30.6米、装有固态有源组件和辐射单元1 792/2 560个（“铺路爪”/“弹道导弹预警”型），发射功率大，天线增益高，作用距离远，测量精度高，并能同时跟踪多批目标。

主要战术技术性能：工作频率范围420～450兆赫；对雷达截面积为10平方米的目标最大探测距离为4 800/5 000千米（“铺路爪”/“弹道导弹预警”型），测方位角范围0°～240°/0°～360°（双阵面/三阵面），测仰角范围3°～85°；雷达工作在跟踪模式时距离分辨力为150/15～30米、方位角和高低角分辨力为2.2°/2.0°（“铺路爪”/“弹道导弹预警”型）；有良好的反干扰能力和反隐身飞行器能力；平均无故障工作时间450小时，平均故障修复时间1小时；“改进型预警”雷达的距离分辨力不大于5米。

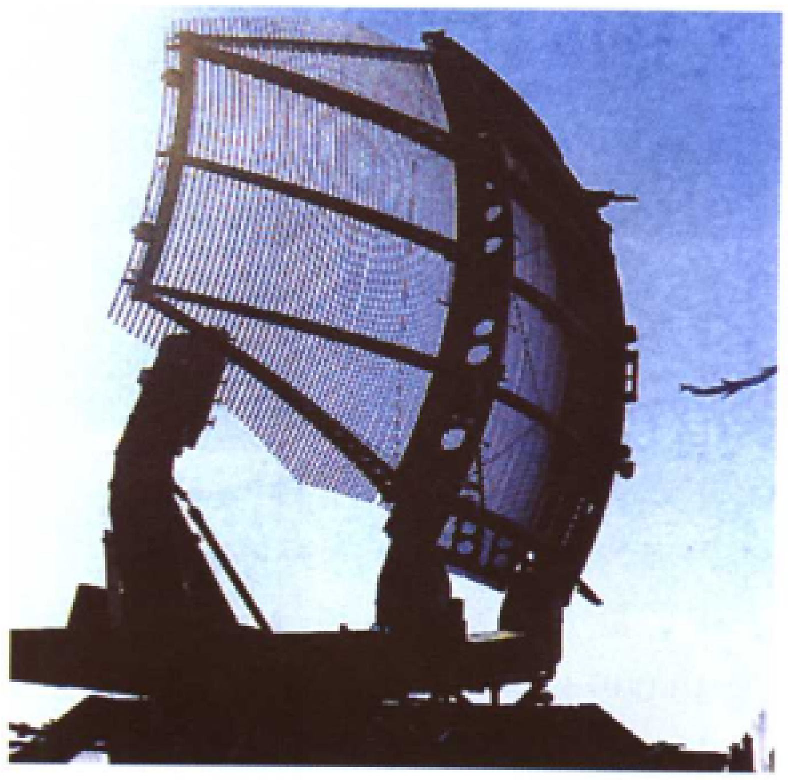
(屠国纶)



AN/FPS － 115 雷达

AN/TPS-43 Leidα

AN/TPS－43 雷达 (AN/TPS-43 Radar) 美国西屋公司（现美国诺斯罗普·格鲁曼公司电子传感器和系统分部）研制生产的机动型三坐标雷达。主要担负对空警戒引导任务，可精确测定空中目标的三维坐标（距离、方位、高度）。有A、B、C、D、E、F、G等型号。新的改进型称为AN/TPS－75雷达。中国台湾地区“强网”系统有该F型雷达。AN/TPS－43雷达采用切割抛物面天线，利用在垂直面上形成的堆积波束进行测高；发射机采用固态模块激励行波速调管输出；机动性较好，整部雷达由两个重量均小于3 400千克的单元组成，可用两辆M35军用卡车陆运或用一架C－130型运输机空运。



AN/TPS － 43 雷达

主要战术技术性能：工作频率范围2 900～3 100兆赫；最大探测距离为447千米，测方位角范围0°～360°，测仰角范围0°～20°；测距误差不大于107米，测方位角误差不大于0.35°，测高误差不大于450米；距离分辨力不大于490米，方位角分辨力不大于2.4°；反地杂波改善因子38分贝，抗有源干扰措施包括频率捷变、脉冲编码、干扰分析和最小受干扰发射频率选择、干扰源定位和副瓣匿影等；E型和F型加装有抗反辐射导弹告警装置和诱饵。

(屠国纶)

HADR Leidα

HADR 雷达 (HADR Radar) 美国休斯飞机公司（现属美国雷神公司）研制生产的固定型中远程三坐标雷达。主要担负对空警戒引导任务，可精确测定空中目标的三维坐标（距离、方位、高度）。中国台湾地区“强网”系统中有该型雷达。

HADR雷达采用平面阵列天线，宽4.8米，高6米，利用移相器控制笔形波束在仰角上步进扫描；采用行波管—前向波管放大链发射机，可靠性、维修性较高；有多种工作模式，且可对每个波束的仪表量程、峰值功率、脉冲宽度、仰角波束宽度、波形、工作频率、检测判据、



HADR雷达

点迹录取判据等参数进行实时控制。

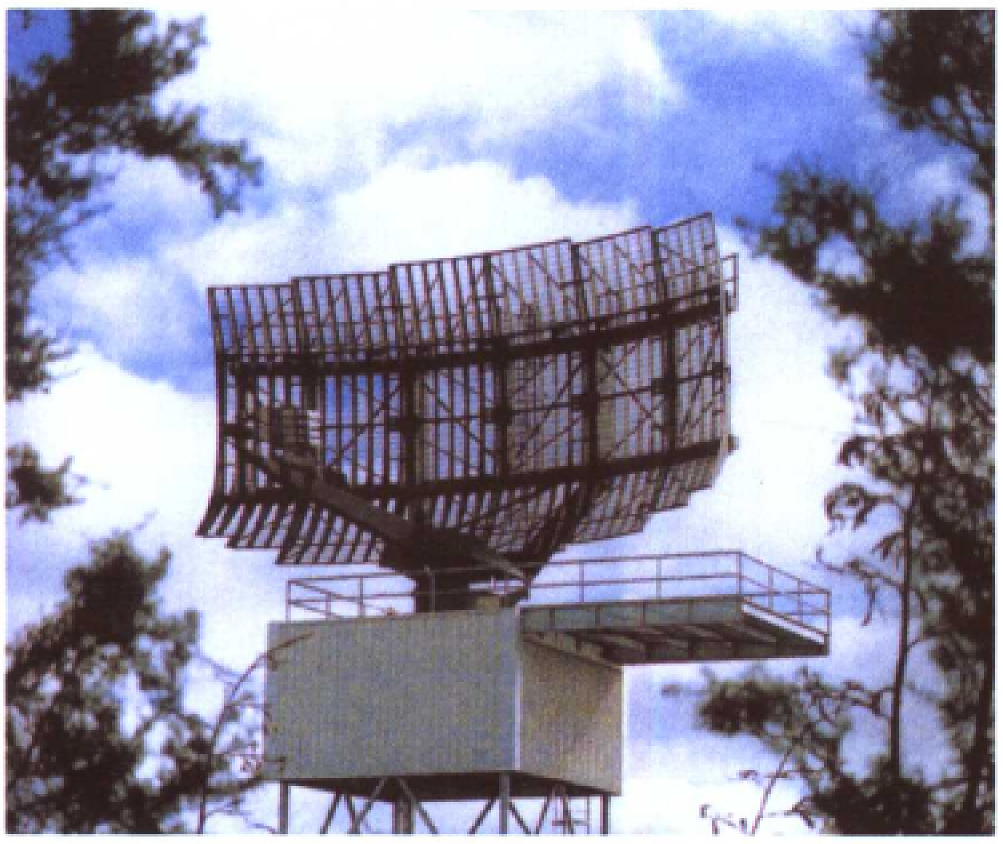
主要战术技术性能：工作于S频段；对雷达截面积为1平方米的目标最大探测距离为320千米，测方位角范围0°～360°，最大探测仰角24°，最大探测高度30 000米；抗干扰措施主要有自适应频率捷变、脉冲编码、低副瓣天线、恒虚警、干扰分析和最小受干扰发射频率选择、变脉冲宽度和变脉冲重复频率、烧穿、副瓣匿影和数字动目标显示等。

（屠国纶）

leida tianxian

雷达天线 (radar antenna) 用于辐射和接收电磁波的雷达设备。具有将电磁波聚成波束定向发射和接收电磁波的功能。雷达天线性能对雷达的探测范围、测角（方位、仰角）精度、分辨力、抗干扰能力等有重要影响。

衡量天线性能的要素 ①波瓣图。雷达天线在空间聚成的立体电磁波束，通常用波束的水平截面图（简称水平方向图）和垂直截面图（简称垂直方向图）来描述。方向图呈花瓣状，由一个主瓣和多个副瓣组成，主瓣最大场强的0.707倍之间的夹角定义为波瓣宽度，与雷达工作波长与天线口径的几何尺寸有密切关系。波瓣宽度与雷达测角精度以及角分辨力有直接关系，波瓣越窄测角精度越高，角分辨力越强。②副瓣电平。副瓣的场强和主瓣的最大场强之比，通常用分贝表示。由于天线方向图有多个副瓣，因而有最大副瓣电平和平均副瓣电平两项指标。通常情况下，最靠近主瓣的两个副瓣（也称第一副瓣）是最大的。平均副瓣电平是除主瓣之外所有副瓣电平的平均值。副瓣无用且有害，越小越好。③有效面积。雷达天线接收到的电磁波功率与该电磁波功率密度之比，称为雷达天线在电磁波入射方向的有效面积，用来表示天线接收空中信号的能力，小于天线实际几何面积并与电磁波相对天线的入射方向有关。④增益。表示雷达天线聚集波束的能力，是雷达天线在最大辐射方向所辐射的功率与一假想的各方向都均匀辐射的天线在同一方向上辐射功率之比（设两天线输入功率相同）。雷达工作波长确定后，天线口径面积越大，增益越高；如果天线口径面积固定，则工作波长越短，增益越高。⑤频带宽度。天线辐射效率及波束形状满足技术指标要求的频率范围。与雷达发射、接收设备的频带宽度相适应。⑥极化。天线的极化是在观察的方向上辐射波电场矢量的取向和幅度随时间而变化的性质。常用的有线极化、圆极化。



法国TRAC2000雷达双曲反射面天线

分类和组成 ①按天线结构形式，主要有反射面天线和阵列天线。反射面天线由反射面和辐射器（馈源）组成。反射面有旋转抛物面、双曲反射面和抛物柱面等形式，形状有圆形、椭圆形和矩形等。辐射器有喇叭、振子、开槽波导等，可以单个或多个辐射器组合使用。辐射器一般置于反射面焦点或焦轴上，其辐射的电磁波经反射面反射形成波瓣。阵列天线是由若干辐射单元按一定间距排列，并按一定的功率分配比例关系和相位关系进行馈电，在空间形成波瓣。辐射单元有半波振子或全波振子、喇叭、开槽波导和引向天线等。采用何种形式天线需根据雷达用途、对波束形状的要求以及雷达工作频段等进行综合考虑。②按扫描方式可分为机械扫描天线、电扫描天线和机电结合扫描天线。机械扫描天线是由电机驱动天线做机械运动，波束随之作方位或仰角扫描，扫描速度慢。电扫描天线是天线不动，波束靠控制辐射单元的馈电相位或改变发射信号频率变化实现扫描，扫描速度快。机电结合扫描天线是上述两种扫描方式相结合。

展望 随着新材料、新工艺和计算机辅助设计技术的不断发展，雷达天线将进一步降低副瓣电平，扩展工作频带，减轻重量。

（汤福润）

leida kuixian xitong

雷达馈线系统 (radar feeding system) 连接雷达发射机、接收机和天线的传输线及各种高频元、器件的统称。具有传输、控制、分配和监测射频信号的功能。

衡量雷达馈线性能的要素 ①频带宽度。驻波比满足技术指标要求的频率范围。应与雷达整机频带宽度相适应，并略有余量。②驻波比。传输线上最大电压振幅与最小电压振幅之比，数值为1到∞。若馈线系统和天线（负载）完全匹配，射频能量经天线全部辐射出去(或被负载完全吸收)，驻波比即为1；若馈线系统输出端开路（不接天线或负载）或短路，射频能量全部反射回来，驻波比即为∞。驻波比越接近1越好。驻波比不仅取决于和天线的匹配程度，还与馈线系统所有的器件有关。雷达工作频带越宽，这项指标越难以满足要求。也有用行波系数（驻波比的倒数）来表示馈线系统匹配情况的。③功率容量。馈线系统承受最大功率的能力。为使发射馈线系统能承受足够高的功率，可采用充干燥空气增加气压的方法，提高可承受功率的能力。④传输损耗。电磁波在馈线系统中传输时的衰减值，通常以分贝表示。雷达馈线系统损耗应尽量小，并应采取防潮、防尘、防腐等措施。

分类和组成 不同程式不同频段的雷达，馈线系统的构成也不尽相同，但常用零部件的工作原理是相同的。传输线是雷达馈线系统的主体，用来传输射

频能量，常用的有平行线、同轴线、波导、微带线等，应根据雷达工作频段、用途及传输线结构特点来选用。为了安装方便和获得缓冲作用，配有波导、同轴弯头和软馈线等转接件。馈线系统通过阻抗匹配器使传输线和各种高频元器件匹配，与发射机、接收机及天线匹配，确保射频能量正常传输。雷达发射和接收通常共用一个天线，设置收发开关实施控制，当发射机工作时断开接收支路，防止射频大功率进入接收支路烧毁接收机的高频放大器及其保护电路；在接收状态时将发射机断开，避免它旁路微弱的接收信号。有的雷达采用大功率环行器，保护接收机不被泄漏的发射功率烧毁。环行器具有单向传输特征，在脉冲雷达馈线系统中也常作隔离器使用。*雷达天线*与雷达其他设备连接有一单路或多路的旋转关节（或称转动铰链），以确保天线转动过程中各种电磁信号畅通。为了实现对天线口径场分布进行控制，获得所需要的天线波瓣图形，需采用由各种分配比的功率分配器构成功率分配（或合成）和配相网络进行相位配准。在单脉冲雷达中，需要由混合接头等组成和、差波束形成网络。在频率分集雷达中，由滤波器和混合接头等组成频率分集网络，分离和合并不同频率的信号。采用变极化器形成各种极化电磁波，并根据使用需要进行变化。在*相控阵雷达*中，通常采用由铁氧体或PIN管构成的数字式移相器。在雷达调机时，利用波导（或同轴）开关或由短路器和混合接头等组成的功率控制网络，以及用大功率负荷器作为等效天线，保障不向外辐射功率或灵活控制辐射功率大小。由定向耦合器和配套专用器件以及仪表等构成的监测单元，用于监视发射机、天线和馈线系统的发射功率、频率、频谱、脉冲包络和驻波等重要技术参数。在相控阵雷达中，由矩阵开关等组成的监测分系统，检查、监视馈线系统工作情况。在雷达中设有校准网络，用以校准天线电轴。

展望 随着雷达工作频率扩展到毫米波和亚毫米波波段，以及频带的展宽和功率的提高，介质波导、波束波导、脊形波导和过模波导等传输线，以及相应的馈线元件将得到广泛的应用。

（汤福润）

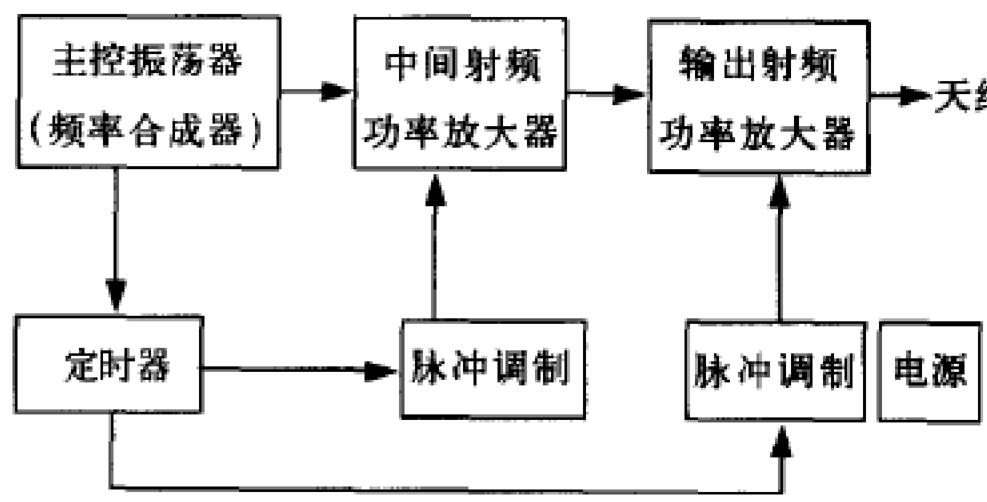
leida fasheji

雷达发射机 (radar transmitter) 产生大功率射频信号的雷达设备。它所产生的射频能量经*雷达馈线系统*传输到天线并辐射到空间。

分类 按工作方式分为单级自由振荡式发射机和全相参主振放大式发射机；按调制方式分为脉冲发射机和连续波发射机；按工作波段分为短波、米波、分米波、厘米波、毫米波发射机；按采用的射频功率器件的类型分为雷达电真空器件发射机和雷达固态发射机等。

衡量发射机性能指标的要素 主要包括：工作频率范围、输出脉冲功率、平均功率、效率、脉冲宽度、重复频率、信号稳定度、信号波形、可靠性等。此外，还有结构上、使用上和其他方面的要求。如体积重量、通风散热、电磁屏蔽、防震防潮、调整调谐、控制监视以及检查维修、工作安全可靠等。就信号波形而言，常用发射信号可分为固定载频脉冲信号、脉内线性／非线性调频脉冲信号、相位编码脉冲信号、单频率的连续波信号、调频连续波信号等。不同的信号波形，发射机有不同的组成。发射信号的稳定度是指信号的各项参数，如信号的振幅、频率或相位、脉冲宽度和脉冲重复频率等随时间保持其特性和参数不变的程度。发射信号的任何不稳定都会给雷达整机性能带来不良影响。例如对动目标显示雷达，会增大系统对消剩余，在脉冲压缩雷达系统中会使目标的距离旁瓣增大以及在脉冲多普勒雷达系统中会造成假目标等；发射信号参数的不稳定可分为规律性的与随机性的两类，规律性的不稳定往往是由电源滤波不良、机械震动等原因所造成，而随机性的不稳定则是由发射管的噪声和调制脉冲的随机起伏所引起。

组成和原理 ①单级自由振荡式脉冲发射机由预调器、脉冲调制器和一级自激射频振荡器组成。射频振荡器通常采用三极电子管或磁控管等做振荡源，用来产生大功率的射频振荡；脉冲调制器由电源、能量储存和脉冲形成3部分组成，在雷达系统定时触发脉冲的控制下，产生一定宽度的高压脉冲以控制射频振荡器的工作。常用的调制器有刚性开关调制器、软性开关调制器和磁开关调制器3种。这种发射机由于脉冲调制器直接控制振荡器的工作，每个射频脉冲的起始射频相位由振荡器的噪声决定，相继脉冲的射频初始相位是随机的，频率稳定度差（磁控管振荡器的频率稳定度一般为$10^{-4}\sim10^{-5}$），不能满足脉冲多普勒、脉冲压缩等现代雷达的要求。但具有简单、轻便和经济等特点。②全相参主振放大式发射机由主控振荡器、射频功率放大链、脉冲调制器和电源等组成（见图）。



主振放大式发射机组成方框图

主控振荡器（通常为采用晶体主振源的频率合成器）产生一低功率、高稳定度的射频振荡信号，经一级或多级脉冲调制和射频功率放大，产生所要求的射频大功率脉冲。微波三（四）极管、行波管、速调管、前向波管、半导体固态管等常用于功率放大链中。在主振放大式发射机中，载频的稳定度由低电平级决定，较易采取各种稳频措施，能够达到很高的水平，射频脉冲串间可保持相位的相参性，便于雷达充分利用回波的相位信息，并可采用复杂的信号波形，波形和频率变化灵活，自适应能力强，为脉冲压缩、动目标显示（MTI）、动目标检测（MTD）、脉冲多普勒（PD）、频率捷变、合成孔径、三坐标和相控阵等新体制雷达广泛采用。但它的电路和结构复杂，技术要求高，制作难度大。

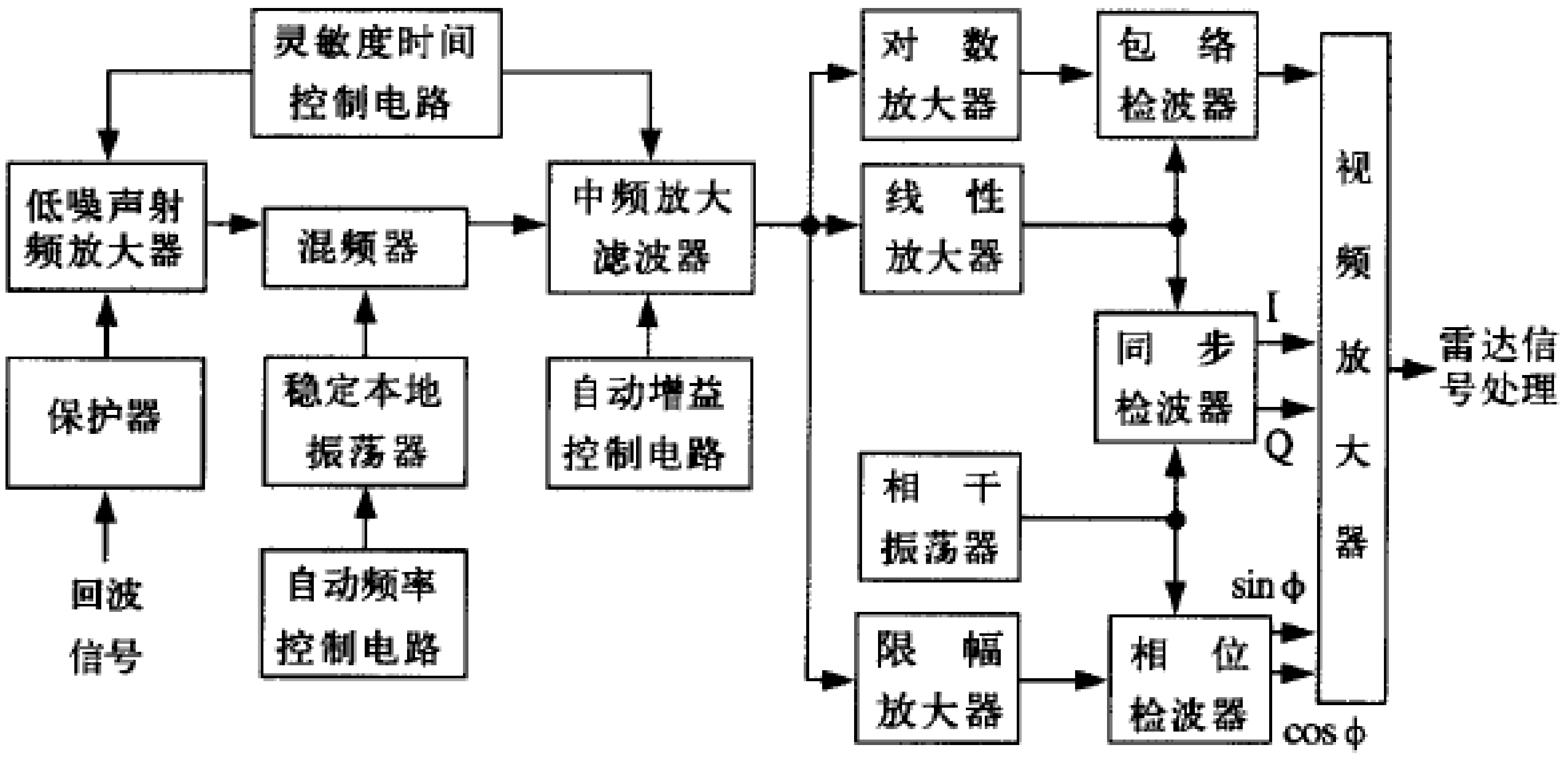
发展趋势 新体制雷达将越来越多地采用全相参主振放大式发射机，提高工作稳定性和发射信号的频谱纯度；开发新的工作频段，展宽频带；缩小体积，减轻重量；提高可靠性和维修性；采用效费比高、具有故障软化特性的固态化、模块化发射机。

（甘朝鹤）

leida jieshouji

雷达接收机 (radar receiver) 对雷达天线收到的射频回波信号进行选择、放大、变换和处理的设备。

组成和工作原理 现代雷达接收机多以超外差原理为基础，主要由射频放大和变频、中频放大和滤波、检波和视频放大等部分组成（见图）。到达接收机输入端的回波信号先经过抗烧毁保护、低噪声射频放大和预选滤波，再与来自本振的高频连续波信号进行混频，变成中频脉冲信号。接收机的带宽通常由中放的带宽决定，在对波形失真的要求不严格的警戒、引导雷达中，一般按最佳信噪比的准则选取，因而接收机实际上还起匹配滤波器的作用。经多级中放和匹配滤波后的处理：①对于非相参检测，通常采用线性放大（或对数放大）和包络检波来为检测和显示设备提供幅度信息。②对于相参处理，有两种方法。一种是经线性放大和同步检波，输出同相（I）和正交（Q）基带多普勒信号，保留回波的振幅信息和相位信息；另一种是经硬限幅放大和正交相位检波，此时只能保留回波信号的相位信息。然后，再经动目标显示或脉冲多普勒滤波处理，用于抑制地杂波、检测运动目标回波。此外，为保证正常工作和提高抗干扰能力，在雷达接收机中通常还设有手动/自动增益控制、灵敏度时间控制、自动频率微调和各种抗干扰电路等辅助电路。



超外差式接收机组成原理方框图

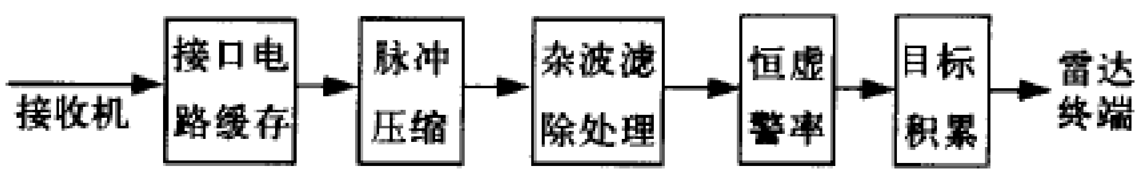
衡量接收机性能指标的要素 主要包括：灵敏度、动态范围、选择性、抗干扰性、恢复时间、工作频带宽度和波形失真、频率稳定度、多路间幅相一致性以及可靠性、维修性、环境适应性等。其中，①灵敏度。指接收机接收微弱回波信号的能力，通常用最小可检测信号功率表示。接收机灵敏度越高，雷达作用距离越远。在微波波段，灵敏度主要由接收机的内部噪声决定。超外差接收机的灵敏度一般约为10^{-12}～10^{-14}瓦。为了保证对微弱信号的检测必须进行放大，所需的增益约为10^{6}～10^{8}（120～160分贝）。对米波雷达，灵敏度可用最小可检测电压Emin表示，一般为10^{-6}～10^{-7}伏。由于中放比高放放大更加有效和稳定，并可提高选择性，因而放大主要由中放完成。②动态范围。指接收机能够正常工作所容许的输入信号强度变化的范围。在接收机内部噪声电平一定的条件下，信号太弱将被噪声淹没，不能检出；信号太强，接收机会发生饱和而失去放大作用，甚至使目标回波丢失。为保证对强信号能正常接收，需要采取一定的抗饱和过载措施，如采用对数放大器、各种增益控制电路等。对数放大器可用在中频或视频部分，能提供大于80分贝的有效动态范围。③恢复时间。指雷达接收机接收强信号产生饱和过载，强信号过后接收机恢复正常工作所需要的时间。它直接影响接收紧跟在强信号之后的微弱信号的检测能力。④工作频带宽度。指接收机的瞬时工作频率范围。在脉冲雷达中所接收的是占有很宽频谱的矩形高频脉冲，具有一定带宽的接收机不能让所有的频谱分量都通过，将产生波形失真。因此在用于跟踪、精确测距等的雷达接收机中，应按要求选择带宽。

发展趋势 在采用数字处理的现代雷达接收机中，特别是在有源相控阵雷达和数字波束形成（DBF）系统中，通道数多，幅相一致性要求严格，采用体积小、重量轻、性能一致性好、成本也较低的微电子化和模块化的接收机结构，如微波单片集成电路（MMIC）、中频单片集成电路（IMIC）和专用集成电路（ASIC）等，已成为一种必然的选择。随着混频二极管噪声的不断降低，超外差式雷达接收机不用低噪声高放，直接使用混频器作高频前端，也成为一种趋势。

（甘朝鹤）

leida xinhao chuli xitong

雷达信号处理系统 (radar signal processing system) 从雷达接收机输出的视频信号中提取目标有关信息的系统。主要功能包括脉冲压缩、杂波滤除和恒虚警率等（见图）。有时也将一些专用抗干扰和数字波束形成电路归为信号处理系统。雷达信号处理系统输出回波信号送至雷达终端系统。



典型的雷达信号处理方框图

脉冲压缩是在时域上将脉内调制信号压缩宽度，提高信噪比的处理。经过正交采样的接收机输出数字信号从接口电路缓存进入信号处理系统。对于线性调频或非线性调频的回波信号一般采用有限冲激响应（FIR）滤波器或快速傅立叶变换（FFT）方法，加权压缩为时间旁瓣很低的窄脉冲，以提高信噪比和目标距离分辨力；对于相位编码信号，则以鉴相器和移位寄存器进行压缩，一般串接在杂波滤除、硬限幅恒虚警率电路之后进行，以减小信号处理系统的动态范围。

杂波滤除是抑制杂波，提高目标信杂比的处理。对空情报雷达要滤除的主要是固定地物杂波、气象杂波和箔条干扰杂波。由于固定杂波频谱主要分布在零频附近，而气象、箔条杂波和运动目标回波因径向运动速度不同引起的多普勒频移不同，借此可以滤除杂波、保留运动目标回波。只以零频滤波器凹口滤除地杂波的处理称为动目标显示（MTI）；除滤除地杂波外，还以自适应的另一滤波器凹口滤除气象、箔条杂波的处理称为

自适应动目标显示（AMTI）；有的滤波器并行用了多个滤波器组，自适应地滤除各种杂波、以更好地保留目标回波的方式工作，称为动目标检测（MTD）；有的雷达用高、中脉冲重复频率工作，以更多的滤波器组滤除杂波，称为脉冲多普勒（PD）方式，由于重复频率高，将引起距离模糊，还要解距离模糊。对于切向飞行的目标，由于无多普勒频移，经上述滤波时目标也随之丢失。为了提取在杂波区切向飞行的目标回波，通常采用超杂波检测，用杂波图中信号递归相减完成目标检测。

恒虚警率是在噪声和干扰强度变化时，使虚警率保持恒定的处理。通常有杂波对消区的单元平均恒虚警率处理和无杂波区的噪声门限恒虚警率处理。为了进一步减少杂波剩余，还采用自适应杂波门限控制图或人工控制不输出的“禁止单元”减少虚假脉冲数。

目标积累是对目标的多个跨周期回波按不同形式进行积累，有利于提高信噪比进行检测。

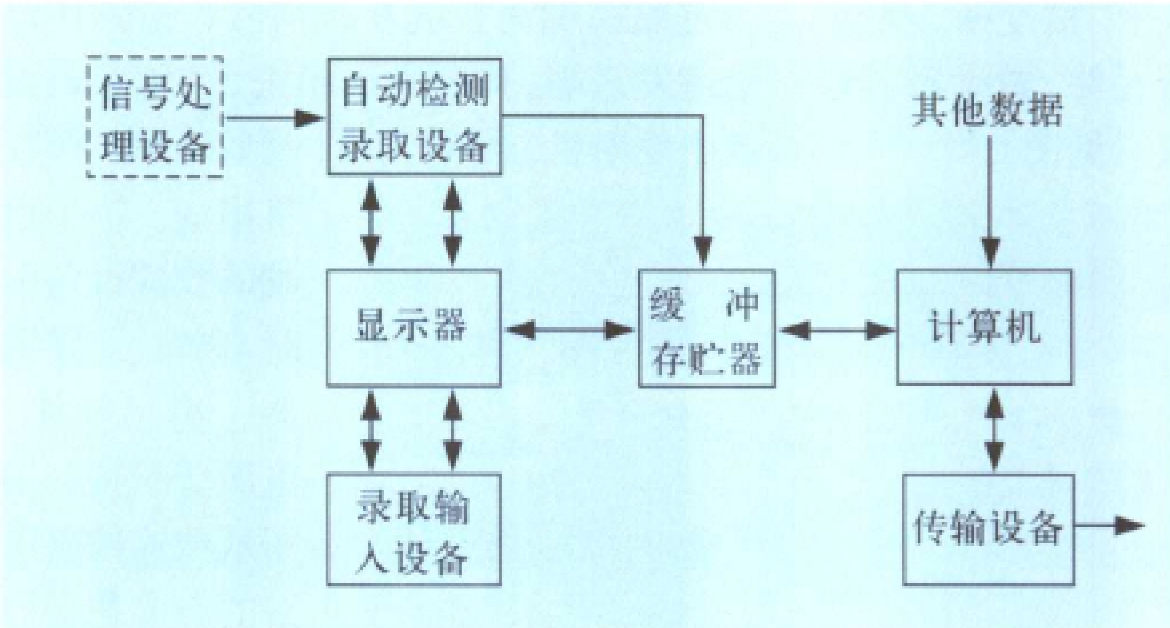
20世纪90年代开始使用通用计算机、通过总线体制以不同的软件实现雷达信号处理的设备。随着超大规模集成电路、超高速集成电路、可编程门阵列技术及算法的发展，雷达信号处理系统已变得高度集成化，并具有灵活可变的形式。机载雷达空时二维信号处理也在发展之中。（贲玉贵）

leida zhongduan

雷达终端 (radar terminal) 对由雷达信号处理设备送来的回波信号进行检测、录取、数据处理、显示和输出的雷达设备。

早期的雷达终端只有显示和输出功能，采用模拟技术，检测、录取、判别目标性质和监视雷达工作状况等是利用显示器由人工完成，设备简单，造价低，但只能形成雷达原始图像，工作速度慢，能够检测和跟踪的目标批量少。常用的显示器有：平面位置显示器（PPI），简称P显，是一种亮度调制的圆形显示器，用极坐标形式表示距离和方位角；距离显示器，用来显示目标的距离和回波强度，按水平或圆形扫描分为A显、J显两种，是一种幅度调制的显示器；方位—距离显示器，简称B显，是一种亮度调制的矩形显示器，水平坐标表示方位角，垂直坐标表示距离；距离高度显示器（RHI），是一种亮度调制的显示器，垂直轴为高度，水平轴为距离。此外，还有上述几种显示器的变形。

现代雷达终端主要由自动检测、录取设备和录取显示器、计算机等组成（见图），以适应快速、准确检测、录取目标并对目标进行稳定跟踪的需要。由于采用了数字技术和计算机技术，使目标回波信号的检测、录取、显示和输出，以及人机对话等综合功能有了显著的提高。自动检测、录取设备与录取输入设备、录取显示器相配合，完成发现目标、录取目标的坐标和其他参数、建立点迹、形成航迹并进行跟踪等任务。自动检测、录取设备分为全自动和半自动两种。在全自动



现代雷达终端组成方框图

录取设备中，从检测目标、坐标估值，到目标跟踪处理，完全由录取设备自动完成，只是某些辅助参数需要人工干预。在半自动录取设备中，需要人工录取首点。半自动录取可充分发挥人工的作用，又可弥补人工录取的某些不足。在雷达终端中往往同时具备全自动、半自动和手动录取功能。数据处理的任务主要是完成目标航迹跟踪处理，通常由航迹处理计算机来完成。录取输入设备是沟通人与机器联系的一种装置，它可以通过人工操作，直接产生表示人们意图和语言的数据，在显示器显示屏上控制、显示对目标和显示背景的处理。常用的录取输入设备有键盘、跟踪球、操纵杆和光笔、触摸屏等。现代对空情报雷达终端中所用的录取显示器，除了显示雷达原始图像（一次信息），还要显示经过计算机处理过的目标航迹、高度、速度、机型、批号、敌我属性、地图背景等（二次信息），以及显示人工对雷达进行操作和控制的标志或数据，进行人机对话。雷达终端所用的录取显示器有随机扫描和光栅扫描两种类型。光栅扫描录取显示器具有高亮度、高分辨力、大容量、多功能、多显示格式、高可靠性和人机界面友好等优点，正在取代随机扫描录取显示器和其他老式显示器。

以微处理机技术和液晶显示（LCD）、等离子体显示（PDP）器件等为核心的全自动录取和光栅扫描显示设备，在现代雷达终端中的应用将日益广泛。（甘朝鹤）

leida pinlüyuan

雷达频率源 (radar frequency source) 为雷达发射机、接收机等提供所需的多种频率信号的信号产生器。精确、高稳定、高频谱纯度的雷达频率源，是高性能雷达的必备条件。

雷达频率源通常采用频率合成器，按原理可分为直接式频率合成器和以锁相环原理为基础的间接式频率合成器。主要性能有：频率稳定度、频谱纯度、频率范围、最小频率步进间隔、输出电平及输出阻抗、频率转换时间、工作环境要求等。

雷达频率源经历了从电子管到晶体管分离元件再到全固态集成电路的发展过程。固态技术的发展、频率合成技术和数字技术的出现，为雷达频率源的发展提供了技术条件，使其性能发生了质的飞跃。非相参雷达中，发射机的射频振荡器，接收机的本地振荡器，是技术上较为简单的雷达频率源。在采用动目标显示（MTI）、动目标检测（MTD）技术的准相参雷达中，相参振荡器受发射脉冲与稳定本振混频而得的中频脉冲定相，本振的频率稳定度直接影响MTI、MTD的效果，接收机的本振要采取一些稳频措施，使得本振的短期频率稳定度达到要求。

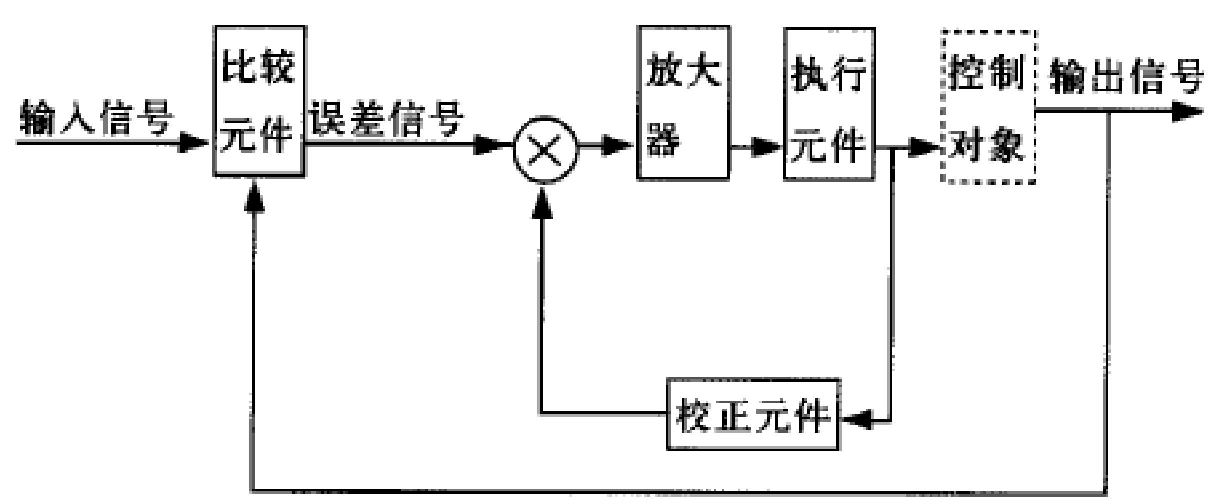
随着雷达技术的发展，新体制雷达采用全相参体制。频率合成器作为雷达频率源，为发射机功率放大链提供激励信号，为接收机提供与发射信号有固定相位关系的各级本振信号、相参信号，实

现对回波信号的相参处理，也为整个雷达系统提供各种定时信号。性能稳定、控制灵活的频率源为改善雷达杂波中的可见度，实现脉冲压缩、频率捷变、频率分集创造了条件，使雷达抗干扰能力得到很大提高。随着新高速器件的出现和技术发展，直接数字式频率合成器（DDS）将迅速发展，并将得到广泛应用。

（王保珉）

leida sifu xitong

雷达伺服系统 (radar servo system) 雷达中的机械位移、速度和加速度等输出量以一定的精度跟随输入量变化的反馈控制系统。主要包括：天线自动控制、跟踪系统，雷达天线角度跟踪系统，雷达天线拖动系统，显示器方位指示系统等。要求稳定性好、动作迅速、精度高。典型的雷达伺服系统由比较元件、放大器、执行元件及校正元件组成（见图）。



雷达伺服系统组成方框图

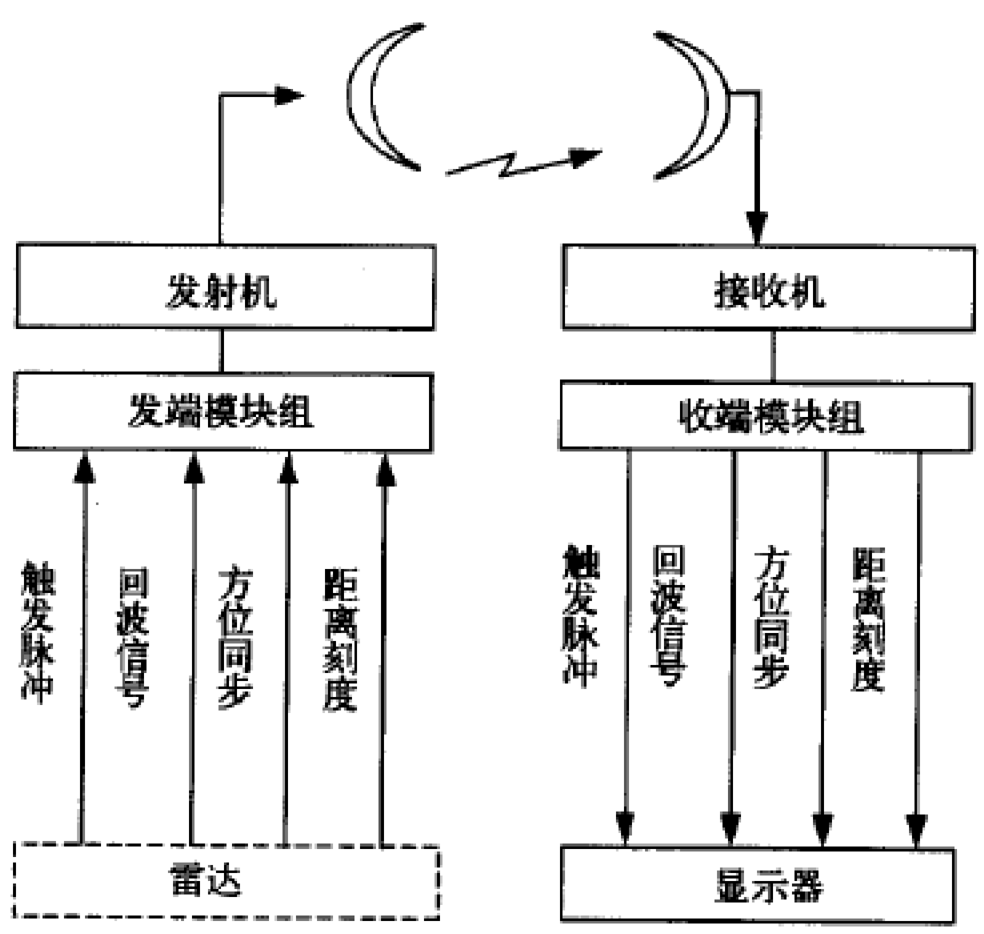
随着计算机的应用、伺服元件的发展，以及测量元件和线路的数字化、集成化，为提高雷达伺服系统性能创造了有利条件。位置测量元件可采用光电编码器取代同步电机，测速采用数字式元件，使信号数字化（如SDC元件）；功率放大采用新式静止（无机械转动）的元件，如可控硅、磁放大器以及晶体管器件，电机功率扩大机已很少使用，使可靠性提高，体积减小；执行元件广泛采用各种直流电动机、调频调速电动机、数控步进电机和液压马达。机械传动系统结构设计水平也不断提高。

（郑恩厚）

leida tuxiang chuanshu shebei

雷达图像传输设备 (radar relay equipment) 将雷达获得的图像信息用通信手段进行远距离传送，并在远端再现雷达图像的设备。主要功能：将雷达获得的目标信息传送到指挥所，供有关人员利用显示器显示的图像进行引导指挥；某些工作环境恶劣的雷达站，需要对雷达进行遥控遥测时，利用雷达图像传输设备把雷达图像和其他有关信息传输到控制端的操纵员工作室。主要性能包括：传输距离，雷达回波视频信号失真度，收端再现的方位、距离精度，抗干扰能力，设备可靠性等；对于数字图像传输设备，还有数据传输率、误码率等。

雷达图像传输设备由发端、收端和传输信道设备组成（见图）。发端设备置于雷达站内，包括时钟源、电话模块、编码器、调制器、电源等，用于将雷达送来的目标回波、方位和距离刻度、定时触发脉冲、天线旋转同步信号、话音信号等依一定模式编为合成基带信号，送到传输信道发送端，调制发送出去。传输信道设备由发射机、发射天线、接收天线、接收机组成。位于远端的收端设备由时钟源、解调器、电话模块、电源等组成，用于从传输信道送来的合成基带信号中，解出图像信号、同步信号和话音信号，使收端显示器与雷达的平面位置显示器同步工作，显示与雷达完全相同的雷达图像，并实现收发两端的通话。根据不同的使用要求和传输距离，可选择不同的传输信道，通常传输距离在100米以内可选用电缆传输，距离较远时可选用光缆信道或微波信道。在利用微波进行传输时，由于受地球曲率的影响和天线架设高度的限制，一般雷达图像传输设备的传输距离设计为50千米。在需要更远的传输距离或有遮蔽物（高山、丘陵和地面建筑等）阻挡的情况下，为了保证可靠的信号传输，要建立雷达图像传输中继站。中继设备通常采用差转体制。为使中继接收机不受发射信号的干扰，保证中转信号质量，发射频率要远离接收频率。



无线雷达图像传输设备方框图

随着科学技术的发展，雷达图像传输设备已由电子管设备逐步过渡到全固态设备，传输方式由微波波段扩展到光波，技术体制由模拟传输过渡到数字传输，使图像传输的稳定性、可靠性、抗干扰能力以及设备操作性能都有很大提高。技术的发展也带来雷达图像传输设备功能的扩展，除传输雷达的一次信号外，还可以传输雷达录取设备输出的二次雷达信号，有时还附加有双工话音通信，既有利于指挥机构对雷达站的指挥，也为排除故障时进行通信联络提供了方便。

（王保珉）

leida diwo shibie xitong

雷达敌我识别系统 (radar friend or foe identification system) 用于识别被雷达探测目标的敌我属性的电子装备。是军事上识别目标敌我属性的重要手段。衡量系统战术技术指标的要素有：识别范围、分辨力、系统容量、安全性、抗干扰性能、有效性和环境条件适应性等。

系统组成 空军的雷达敌我识别系统由安装在雷达上的询问机和飞机(直升机)上的应答机组成，用于对空中目标的识别。有的飞机(直升机)同时加装机载询问机和应答机，用于飞机(直升机)之间及飞机(直升机)对地面、水面目标的识别。询问机主要由定向天线、收发组件（包括发射、接收）、处理组件（包括编码、译码）和控制器等部分组成，用以发射询问信号，接收、处理应答信号。应答机主要由全向

天线、收发组件和处理组件等组成，用以接收、处理询问信号和发射应答信号。通常询问机天线附设在一次雷达天线上，也可安装在单独转台上。

工作原理　当一次雷达发现目标后，需对目标属性进行识别时，或对跟踪的目标实施攻击前，需对其属性进行确认时，敌我识别系统的询问机在一次雷达询问脉冲控制下，发射一串参数加密的射频询问脉冲。应答机对接收到的询问信号进行处理，确认为己方询问信号后，自动按相应模式发回一组经加密的射频应答脉冲。询问机接收到应答信号后进行处理，确认为我方应答信号后输出识别标志显示在一次雷达目标回波附近。如果目标为敌方，则不能正确识别询问密码，也给不出正确的应答密码。当被询问的目标回波附近没有应答识别标志，就确认为非己方目标。除主要用于目标敌我属性的识别之外，有的雷达敌我识别系统能兼有空中交通管制二次雷达的功能。当飞机出现通信故障、油料告警或其他紧急情况时，在识别询问的模式下，自动给出特殊的应答码。应答机完成高度和特殊应答的编码，是通过飞机上的高度表（大气数据计算机）、剩余油料传感器等提供的数据，经过转换来实现。询问机发射脉冲受协同雷达触发脉冲同步控制，天线的方向图覆盖协同雷达的天线方向图。有些情况下，一部询问机同多部雷达协同工作，通过目标点迹或航迹的数据融合技术，使识别标志同被询问目标的回波相对应。

工作特点　①由于询问、应答是协同式工作方式，询问距离与发射功率二次方根成正比，能以较小的发射功率满足覆盖一次雷达探测威力的要求。接收的应答信号强弱不受目标形状和尺寸大小的影响，比较容易实现高概率检测。②询问信号和应答信号采用两种不同的工作频率，避免了地物、海浪和云雨等干扰。③高度的保密性，雷达敌我识别系统的询问密码，尤其是应答密码不仅要求数量多，更要求变化的方式多。④系统工作的统一性。在指定范围和时间内，所有雷达敌我识别系统使用相同的密码，并根据统一的指令同步更换密码。

简史　1939年，英国人研制成功第一部雷达敌我识别系统，称为MK－Ⅰ型。后经多次改进，出现了MK－Ⅱ、MK－Ⅲ、MK－Ⅴ型。早期的敌我识别系统，工作在一次雷达的频率上，应答机接收雷达的发射脉冲后发回应答信号，再由雷达天线接收，缺点是不易保密，应答机的带宽难以覆盖不断拓宽的雷达频段。MK－Ⅲ型之后，敌我识别系统的工作频率与雷达分开，除应答机之外，有了专门的询问机。美国在MK－Ⅴ型基础上研制出军民两用的MK－Ⅹ型，利用编码的区别，既用于军事上的敌我识别，又用于民用航空的空中交通管制，后来被国际民航组织所采用。苏联早期的雷达敌我识别系统与美、英等国的体制不同，主要是工作频率、密码体制不同，不能兼容国际民航组织采用的空中交通管制二次雷达功能。20世纪60年代以后，随着航空事业的发展，雷达敌我识别系统不断改进，通过采用单脉冲技术和天线旁瓣抑制技术等，提高了目标的方位分辨力，进一步解决了窜扰（非同步应答）和混扰（应答重叠）等干扰问题。

发展趋势　进一步提高反干扰、抗破译的能力，使系统在日益复杂的电子侦察、干扰的环境和多目标密集的背景下，有更好的安全性；将通信、导航以及雷达对抗、光电对抗的信息同识别系统的数据进行综合利用，提高识别的可靠性。　（沈发仁）

xunwenji

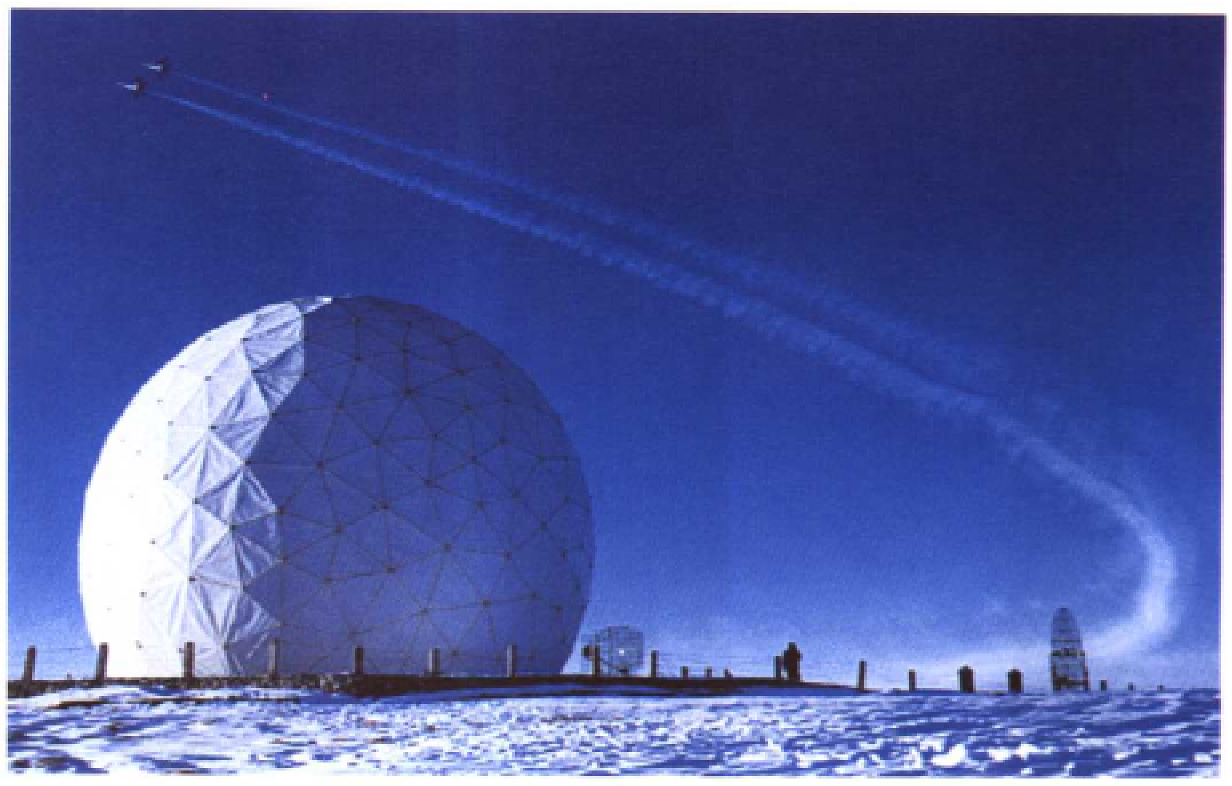
询问机　(interrogator)　见雷达敌我识别系统。

yingdaji

应答机　(responder)　见雷达敌我识别系统。

leida tianxianzhao

雷达天线罩　(radar radome)　保护雷达天线系统免受外部环境影响的罩体。具有良好的电磁波通透性能，其结构具有承受外部恶劣环境的作用。



雷达天线罩　吴自宽摄

分类　①按使用场所不同，分为地面型（见图）、机载型和舰载型。地面雷达天线罩最大直径可达数十米，预警机上的雷达天线罩最大直径可达十几米。②按天线辐射波的入射角，分为垂直入射天线罩和大入射角天线罩。前者辐射波射线与罩壁法线夹角小于30°，后者在波束扫描过程中入射角变化较大（0°～75°）。③按天线罩的结构，分为均匀单壁结构、夹层结构（如蜂窝状玻璃钢夹层、填充泡沫塑料夹层、分格充气夹层）和空间骨架结构3种类型。④地面雷达天线罩又可分为刚性罩和充气罩。

主要作用　①保护天线系统免受风、雨、冰雪、沙尘和太阳辐射的影响，提高天线系统工作的可靠性，减少天线系统磨损、腐蚀和老化，延长使用寿命。②消除天线风负荷，减小转动天线的驱动功率，减轻机械结构重量，减小惯量。③改善维修人员的工作条件。④飞行器用天线罩可以减小温度变化、空气动力负荷及其他负荷给天线带来的影响。船用天线罩可以减小海上环境对天线的腐蚀作用。

衡量天线罩性能指标的要素　包括：雷达电磁波透过率、对天线波瓣的影响（指向偏差、副瓣电平等）、环境条件适应性（抗风、温度、湿度、冰雪、雷击等）、可运输性、维修性及寿命。雷达天线罩的结构类型、结构尺寸、罩壁厚度、材料选用以及结构细节等均须考虑电气性能，使天线罩对雷达波瓣指向、副瓣影响小，对电磁波衰减小。材料选用时应考虑在工作频率下的介电常数和损耗角正切要低，并有足够的机械强度。罩壁厚度应根据工作波长、天线罩尺寸和形状、环境条件来决定。选用的金属构件和连接件应

对所用极化电磁波遮挡最小。天线罩外表面应采取防静电、防雷击、减缓老化等措施。

简史　第二次世界大战期间，雷达天线罩首先用于机载雷达。1946年美国研制出充气地面雷达天线罩，50年代末得到推广应用。60年代，一些国家开始使用金属骨架雷达天线罩，并出现电气性能较好的随机分布骨架天线罩。1972年，中国研制成功玻璃钢蜂窝夹层雷达天线罩，直径44.4米。之后，这种天线罩得到迅速发展。（郑恩厚）

leida fangcang

雷达方舱　(radar shelter)　装载雷达设备，提供工作条件，并可适应多种方式运输的薄壳结构舱体。衡量性能的主要指标要素是：舱体尺寸、自重、载重量、环境条件适应性、密闭性（对水、光）、屏蔽性(对电磁辐射、声)、可运输性、对装卸或吊运附属机构要求。

特点　装载设备的舱体不依赖机动车辆，可以独立支撑，采取顶吊、铲托、拖拽、自装、自卸、装卸机动轮等方式解决与运输工具的装卸、拖挂问题。舱体可与机动车分离，提高了对运输工具的适应性，可用卡车、火车、轮船运输，可用拖拉牵引运输（有机动轮者），可用飞机装运和直升机吊运。尤其是对火车、轮船、飞机运输工具的容积、载重量要求大大降低。使用雷达方舱为提高雷达机动性创造了有利条件；可节省大量专用装载车辆；便于将雷达置入坑道、掩体；便于雷达伪装；方舱在生产中便于标准化、系列化。

分类　按功能，分为不可扩展式（工作时与运输时容积相同）和可扩展式（工作时容积大于运输时容积）。按结构形式，可分为框架式和大板式方舱，两者在结构件承载方式上有较大区别：前者是方舱自身负载及设备重量主要由方舱的骨架承担；后者载荷由含有加强筋并采用现场发泡成型的壁板承担。大板式方舱荷重比较好，工艺性好，外表美观。

简史　20世纪50年代，美国及欧洲一些国家开始采用并逐渐推广雷达方舱。70年代末，中国开始研制雷达方舱，并装备部队，大量推广应用。在方舱的尺寸、重量等方面已标准化、系列化。一些方舱构件，如升降机构、吊具、窗口构件、固索具等也有了相应标准。

（郑恩厚）

leida dianzhan

雷达电站　(radar power supply station)　为雷达提供交流电源的发电设备。由发动机、发电机、控制系统、装载设备等组成，提供50赫兹及400赫兹交流电源，功率通常为0.75～200千瓦。按发动机类型，分为普通内燃机(活塞式)电站、燃气轮机电站、转子发动机电站；按冷却方式，分为水冷和风冷电站；按所用能源，分为汽油发动机发电、柴油发动机发电、风能发电、太阳能发电、化学能发电等；按运载方式分，为滑橇式、拖车式、车载式、方舱式及汽车电站（利用汽车发动机发电）等。

衡量雷达电站性能的要素有：①工作环境条件。包括：海拔高度、环境温度、空气相对湿度、凝雾、沙尘等。②电气性能。包括：额定功率、电压、功率因数、频率、相数；电压稳态、瞬态调整率，稳定时间，波动率调整范围；频率稳态、瞬态调整率，稳定时间、波动率；电压波形正弦性畸变率。③使用性能。包括：温升、连续工作时间、可靠性、可维修性、燃油消耗率、重量功率比、体积功率比、安全性、电磁干扰、噪声。其中电源质量、可靠性及严酷的环境条件适应性更加重要。

随着科技的进步，雷达电站采用无刷发电机、风冷发动机、燃气轮机以及增压技术等，使电站体积缩小、重量降低，进一步发展发电机组的自动化控制，实现无人值守；不断提高各项电气性能和使用性能，逐步实现标准化、系列化、通用化。（郑恩厚）

leida zhanshu xingneng

雷达战术性能　(radar tactical performance)　雷达在作战使用中的特性和功能。主要包括：工作频率范围、作用范围和波束工作方式、测量性能、抗干扰能力、反侦察能力、抗摧毁能力、快速反应能力和机动性及目标容量等。

工作频率范围　雷达工作频率直接与使用有关，对雷达的部署、雷达阵地选择和抗干扰等都有影响。有的雷达可在所在频段的一定频率范围内改变工作频率，有的雷达只是固定频率工作，不能改变工作频率。

作用范围和波束工作方式　作用范围是雷达完成战术功能的空间范围的统称。根据雷达功能不同，可分为探测范围、跟踪范围、制导范围等。探测范围是指在规定的条件下，雷达能够发现（检测）目标并测量目标基本坐标的范围，主要包括最大作用距离、最小作用距离、天线波束在方位角和俯仰角上的工作范围、最大探测高度等；跟踪范围是指在规定条件下，雷达能够连续或者以足够的数据率稳定跟踪目标的范围；制导范围是指在规定条件下，雷达以容许的误差保障导弹命中率的工作范围。此外，还有雷达距离、高度等仪表量程指标。波束工作方式是指雷达天线波束在空间的扫描方式和受控方式，以及扫描速度或数据率。

测量性能　主要有：①维数，也就是雷达所能测量的目标参数的数量。两坐标雷达能测量目标的距离、方位角。三坐标雷达能同时测量目标的距离、方位角和高度。测高雷达主要是用来给两坐标雷达配高，能比较精确地测量目标的高度，以获得三坐标数据。具有测速功能的雷达能测量目标的径向速度。②精度。包括：探测精度，是雷达测量目标坐标的精确度，有测定距离、方位角、仰角（或高度）的精度；跟踪精度，有距离、方位角、仰角（或高度）的跟踪精度；具有测速功能雷达的测速精度、校射雷达的校射精度等。③跟踪雷达的距离、方位角、仰角（或高度）最大跟踪速度、加速度和保精度最大跟踪速度、加速度等。④分辨力。指有多维测量能力的雷达，两个目标的其他维相同，只在一维上能区分两个目标的最小间隔，有距离、角度（方位角、仰角）、速度分辨力。雷达分辨力对多目标探测、跟踪以及目标区分、识别具有重要意义。

抗干扰能力　指雷达在干扰威胁环境下的适应能力。雷达在干扰环境中要能有效地获取目标信息，必须具有抗干扰功能。对雷达的干扰包括敌方有意施放的有源干扰和无源干扰，邻近电子设备和工业设施的电磁干扰，自然界存在的天电干扰，地物、海浪与气象等无源杂波干扰。雷达抗有源干扰能力表现在：变频能力，工作频带越宽，变频速度越快，抗干扰能力就越强；对带外邻频干扰抑制能力越大，抗干扰能力就越强；

天线副瓣越低或具有反天线副瓣干扰的能力，抗干扰能力就越强；具有波瓣自适应能力、极化选择能力、复杂信号形式及自适应能力、抗有源欺骗干扰能力及各种抗干扰电路的雷达，抗干扰能力可增强。雷达自卫距离越大，它的抗干扰能力也越强。雷达抗无源干扰能力表现在采用动目标显示技术、动目标检测技术、脉冲多普勒技术等性能上。并用杂波中的目标可见度系数（或雷达系统改善因子）等指标来衡量。

反侦察能力　指采用各种措施进行掩护，使己方雷达的位置及主要工作参数不被敌方侦知的能力，也就是雷达的迷惑能力和隐蔽能力。采用低截获概率技术可以提高雷达的反侦察能力。

抗摧毁能力　雷达在战争中会受到敌方的轰炸、反辐射武器的攻击。同时，随着电磁脉冲武器的发展，也会遭受这种武器的攻击。因此，雷达应具有抗摧毁能力的相应措施。

快速反应能力和机动性　快速反应能力主要包括雷达正常开机时间和紧急开机时间等；机动性表现在装载方式、运输方式、运输单元数、运输单元最大尺寸和重量、行驶速度、通过能力和架设撤收时间等。

目标容量　衡量雷达处理空情能力的主要指标。

此外，与作战使用直接有关的还有雷达可靠性、维修性、保障性、连续工作时间、功耗、电磁兼容性和环境适应性等。　（徐炎祥）

leida gongzuo pinlü

雷达工作频率

（radar operating frequency）　雷达发射电磁波信号的载频频率。度量单位是赫兹（Hz），常用单位是兆赫（MHz）或吉赫（GHz）。

很多雷达可在一定的频率范围内改变工作频率。无源雷达本身不发射信号，为了接收信号，具有相应的工作频率范围。当频率低于1吉赫时，大气衰减小；频率高于15吉赫时，空气中水分子吸收严重；频率高于30吉赫时，在一些区域氧分子和水分子吸收急剧增大。要提高测量精度和分辨力，减小雷达的体积、重量，工作频率不宜过低。同样尺寸的天线，频率愈高，天线方向性愈好，天线增益愈高，能获得更好的测角精度和角分辨力。远程监视雷达一般采用较低的工作频段，武器控制雷达一般采用较高的工作频段。

不同的雷达频段有各自的特性。在实际应用中，应根据雷达的性能要求（如雷达的用途、作用距离、测量精度、分辨力、抗干扰能力及机动性等）和实现的条件（如大气特性、物理因素的限制以及雷达器件的可实现性等）来选择工作频率。

（徐炎祥）

leida boduan

雷达波段

（radar wave band）　雷达使用的电磁波频率范围所在的波段。相应称为雷达频段。用规定的名称表示。电磁波频谱包括无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、γ射线等谱段。雷达采用的工作频率可在电磁波频谱从几兆赫至紫外线区域。

无线电波按波长不同分成若干波段。相应地按频率不同分成若干频段（频带）。雷达波段在无线电波范围内，通常有3种划分方法：①根据中国有关规定列出的高频（HF）以上无线电波段划分（表1）；②美国电气电子工程师协会（IEEE）对雷达波段的划分，是各国沿用的标准（表2）；③国际无线电波段划分，也已为各国所采用（表3）。国际电信联盟（ITU）把全世界划分成3个区域，并相应规定了各区域在无线电波段内用于雷达的频率范围。中国也有有关规定。

表1　高频（HF）以上无线电波段

频带名称	频率范围（含上限，不含下限）	波段名称	波长范围（含下限，不含上限）
高频（HF）	3～30MHz	短波	100～10米（m）
甚高频（VHF）	30～300MHz	米波	10～1米（m）
特高频（UHF）	300～3 000MHz	分米波	10～1分米（dm）
超高频（SHF）	3～30GHz	厘米波	10～1厘米（cm）
极高频（EHF）	30～300GHz	毫米波	10～1毫米（mm）
至高频（THF）	300～3 000GHz	丝米波或亚毫米波	10～1丝米（dmm）

说明：①米波又称为超短波。
②1MHz(兆赫) = 10^6Hz(赫兹)
1GHz(吉赫) = 10^9Hz(赫兹)

表2　IEEE雷达波段

波段名称	频率范围
HF	3～30MHz
VHF	30～300MHz
UHF	300～1 000MHz
L	1 000～2 000MHz
S	2 000～4 000MHz
C	4 000～8 000MHz
X	8 000～12 000MHz
K_U	12～18GHz
K	18～27GHz
K_a	27～40GHz
V	40～75GHz
W	75～110GHz
mm	110～300GHz

说明：此表是根据美国电气电子工程师协会（IEEE）标准521—1984列出。

表3　国际无线电波段

波段名称	频率范围
A	0～250MHz
B	250～500MHz
C	500～1 000MHz
D	1～2GHz
E	2～3GHz
F	3～4GHz
G	4～6GHz
H	6～8GHz
I	8～10GHz
J	10～20GHz
K	20～40GHz
L	40～60GHz
M	60～100GHz

说明：此国际无线电波段规定是1979年日内瓦国际无线电波管理会议通过的，采纳了美国1972年为三军制定的无线电波段频率规定，已为各国所采用。

在IEEE雷达波段中，HF波段可用地面波传播方式，也可以利用电离层反射传播，适用于超视距雷达，但要用很大的定向天线，外部噪声高，电磁波频谱利用很拥挤，易受外界干扰。VHF波段外部噪声仍比较高，但比HF波段低，角分辨力和测量精度一般较差。UHF波段(频率范围300～1 000MHz）与VHF波段相比，容易得到较窄的天线波束，外部噪声也比较低。VHF、UHF波段适用于具有大孔径天线和高辐射功率的远程、超远程雷达，但电磁波频谱利用也很拥挤。L波段是

对空监视雷达的一个常用波段。S波段也常用于对目标定位精度高的对空监视雷达和跟踪雷达等。L、S波段可用尺寸适中的天线获得较好的角分辨力，外部噪声低。C波段常用于远程精密测量雷达、较远程的武器控制雷达和要求精度高的中程监视雷达等。X波段常用于要求测量精度和角分辨力高、体积小、重量轻、便于机动的武器控制雷达、机载雷达和民用船舶雷达等。Ku、K和Ka波段的雷达，具有良好的分辨力，但大气衰减大。毫米波波段的雷达，能以小的天线孔径获得窄的波束，分辨力很高，但大气衰减大。

此外，激光雷达具有很窄的波束，分辨力和测量精度非常高，但大气衰减很大，难以用窄波束搜索大空域。

（徐炎祥）

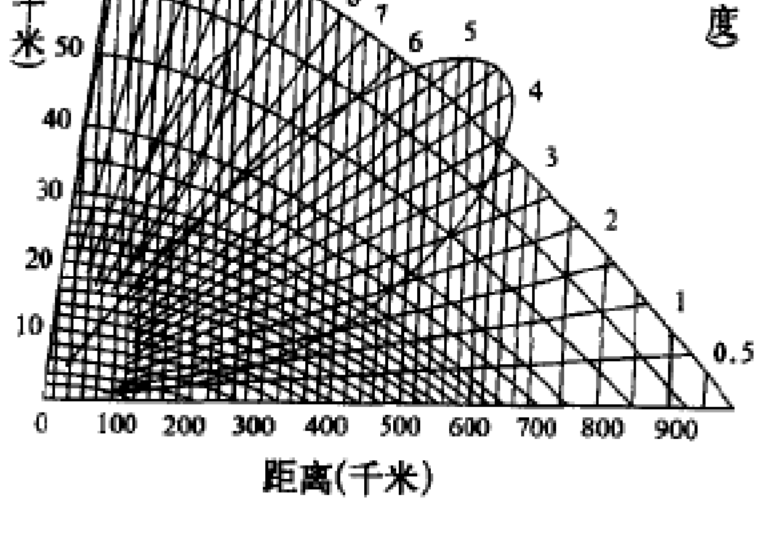
leida tance fanwei

雷达探测范围　(radar detection coverage)　雷达在规定的条件下发现目标并测量目标基本坐标的范围。由雷达波束在方位和仰角上的扫描范围与最大作用距离、最小作用距离所决定。是衡量雷达探测能力的重要战术指标和使用雷达遂行任务与部署雷达的重要依据。规定的条件包括：发现概率、虚警概率和目标雷达截面积等。雷达阵地周围的地形、天线架设高度、电波传播条件和目标高度对雷达探测范围也有一定的影响。

不同用途的雷达有不同的探测范围及其表示方法。对空情报雷达方位覆盖范围通常为360°，垂直面探测范围通常用在各种高度或仰角下的目标探测距离图（称为威力图）来表示（见图）。

通过威力图，可反映雷达在规定条件下最大探测距离、仰角工作范围、探测距离与高度和仰角的关系等。①受地面、海面反射影响很大的米波雷达，由入射波与反射波相互叠加使探测波束延伸和相互抵消形成雷达盲区，并在低仰角区形成低空盲区。②受地面、海面反射影响较小的地面、舰载微波雷达，主波束内没有雷达盲区。威力图用来标示雷达探测范围，是部署和使用雷达的重要依据。

（郑小福）



米波雷达的威力图

leida mangqu

雷达盲区　(radar blind zone)　雷达在其最大探测距离以内和最大探测高度以下探测不到目标的区域。分为低空盲区、波瓣间盲区、顶空盲区和地物遮蔽盲区。见雷达探测范围。

leida zuida zuoyong juli

雷达最大作用距离　(maximum radar range)　在确定的观测环境、数据率和规定的发现概率、虚警概率的条件下，雷达能够发现特定目标的最大距离。是雷达的重要战术性能指标之一。不同种类的雷达用途不同，探测的目标不同，最大作用距离也不相同，可以从数千米到数千千米。

雷达最大作用距离R_{max}主要与雷达接收机最小可检测信号功率P_{min}、发射机峰值功率P、发射天线增益G和接收天线的有效面积A、目标雷达截面积σ以及系统损耗（包括雷达系统内部损耗和雷达电磁波传播路径的介质损耗）L有关。当雷达电磁波在自由空间传播时，单基地收发共用天线，普通脉冲雷达天线最大增益方向的最大作用距离的数学表达式，即雷达方程为：

$$R^4_{max}=\frac{PGA\sigma}{(4\pi)^2P_{min}L}$$

接收机最小可检测信号功率可表示为可靠检测所需要的信噪比与系统噪声功率之积。可靠检测所需信噪比与所要求的雷达发现概率、虚警概率、脉冲积累数和目标的起伏特性等有关。脉冲积累数由脉冲重复周期、水平波束宽度、波束扫描周期决定。最小可检测信号功率越小，最大作用距离越大。雷达系统内部和外部存在随机起伏的噪声，目标具有的起伏特性，使得检测目标回波信号的过程具有概率统计特性，雷达最大作用距离是一个统计量。当回波信号存在时，检测到回波信号的概率叫发现概率，把起伏噪声误认为回波信号的概率叫虚警概率。担负不同任务的雷达所要求的发现概率不同，如对空警戒雷达通常要求发现概率为50%，而对引导雷达则要求达到80%以上。虚警概率通常为10^{-6}。发射机的功率越大，雷达作用距离越远。在脉冲雷达中，是对波束扫描时间内的同一目标的多个回波信号进行积累，接收的信号能量又与脉冲宽度有关，因此雷达最大作用距离实际上与发射机的平均功率有关。一般雷达的发射和接收共用一部天线，而天线增益又与天线有效面积成正比。因此，增大天线有效面积，能有效地增大雷达作用距离。目标雷达截面积与雷达工作波长，以及目标的外形尺寸、形状、表面材料、姿态和视角等有关，目标的雷达截面积越大，雷达作用距离越远。在雷达波段的低频段，地（水）面对雷达电磁波的反射作用也是不可忽视的，在平坦的阵地条件下，米波雷达的最大作用距离可增大近一倍，但同时也会增加一些盲区。雷达的最大作用距离还与电磁环境有关，在探测目标的方向上，遇有自然或人为的干扰时，也会影响对目标的探测。气象条件对某些用途的雷达的最大作用距离也有显著影响。

（王保珉）

leida celiang jingdu

雷达测量精度　(radar measurement accuracy)　雷达测定目标参数的精确程度。精确度越高，误差越小。雷达所测量的目标参数通常包括：距离、方位、仰角和速度等。误差来源可分为系统误差和随机误差两类。系统误差为固定值，产生于各测量系统本身，可通过校正而减小，甚至消除；随机误差是随机量，一般用测量值与真实值之差的平方的统计期望值（均方误差）或该期望值的平方根（均方根误差）来表示。随机误差的根本限制因素是噪声。由于噪声和干扰的存在，这些参数都变为随机量或随机过程。参数M的测量误差的均方根值δ_M的理论值可表示为：

$$\delta_M=\frac{kM}{\sqrt{2E/N_0}}$$

其中E为接收信号能量，No为单位带宽内的噪声功率，k是接近1的常数。对时延测量来说，k值取决于频谱形状S（f），M表示脉冲上升时间。对多普勒频率测量来说，k值取决于时间波形S（t），M

表示频率分辨力或观察时间的倒数。对角度测量来说，k值取决于天线照射函数A（x），M表示波束宽度，波束宽度与雷达工作波长和天线尺寸等技术参数有关，通常波长越短或天线尺寸越大，波束越窄，测角精度越高。在雷达使用过程中，测量精度除了与雷达本身的性能有关以外，还与雷达工作环境和人工操作等因素有关。（陆汝玉）

leida fenbianli

雷达分辨力 (radar resolution) 雷达对位置邻近的两个目标加以区分的能力。通常有距离分辨力、角度（方位、仰角）分辨力，有的雷达还有速度分辨力。雷达所能区分的距离或角度越小，它的分辨率越高。①距离分辨力。是对同一方向上的两个目标最小可区分的距离，主要取决于雷达接收系统输出的回波信号脉冲宽度。通常以最小可分辨的距离间隔来度量，距离分辨力约为C/（2B），C为光速，B为雷达信号带宽。②角度分辨力。是对相同距离上的两个不同方向的目标之间最小可区分的角度，主要取决于雷达的工作波长λ和天线的口径尺寸L，约为λ／（2L）。在水平面的分辨力称为方位分辨力，在铅垂面内的分辨力称为仰角分辨力。③速度分辨力。是雷达在径向速度上区分目标的能力。主要取决于雷达工作波长λ和相干信号处理器的积累时间T，约为λ／（2T）。在实际使用中，雷达分辨力还与目标的种类、大小、位置等因素和信号处理的形式与性能有关，显示器光点过大也会影响实际的分辨力。（陆汝玉）

leida shujulü

雷达数据率 (radar data rate) 雷达对整个探测范围完成一次搜索过程中，单位时间内所能提供每个目标数据的次数。亦称数据更新率。表示雷达获取目标数据的工作速度。天线转速（或波束扫描）越快，数据率越高，在同样时间内获得的目标数据次数越多，对目标的动态和机动情况掌握得就越好。雷达用于搜索整个空间的时间倒数称为雷达搜索数据率。对同一目标相邻两次跟踪之间的间隔时间的倒数为跟踪数据率。雷达数据率D：

$$D=1/T=\Omega/\theta$$

式中Ω为天线扫描速度或波束扫描速度，单位为度／秒；θ为天线（或波束）扫描规定的角度范围；T为目标被监视的间隔时间，单位为秒。相控阵雷达搜索数据率与跟踪数据率可以不同，各个被跟踪目标的数据率也可以不同，重点目标数据率高，一般目标数据率可低。（陆汝玉）

leida mubiao rongliang

雷达目标容量 (radar target capacity) 雷达在扫描周期内能处理、显示目标的最多批数。是衡量雷达处理空情能力的重要指标，与雷达性能参数、工作方式、计算机数据处理能力、雷达目标和杂波环境有关。雷达所能跟踪、处理的目标数达到最大数值时，称为饱和；当目标数超过其最大值时称为过载。雷达天线每个扫描周期内，手动录取的雷达目标容量为10余批；自动录取随着大规模集成电路和计算机技术的发展得到广泛应用，使雷达目标容量已达到数百批以上。（陆汝玉）

leida jidongxing

雷达机动性 (radar mobility) 雷达快速撤收、转移、架设并恢复正常工作的能力。是地面非固定式雷达战术性能的重要指标，对雷达快速调运、跟随部队行动、及时实施战术转移具有重要的意义。

主要指标有：①雷达架设、撤收条件。主要包括：需要的时间、人数(用“人·小时”表示)、设备规模及数量、场地大小（可分成几个等级评估）、受环境影响程度(指雷达架设、撤收时受昼夜、季节、风、雨、雪等影响)。②雷达运输能力。主要包括：装载运输方式（如车载，铁路运输，船运，飞机、直升机运输），运输单元数量、最大尺寸、重量，陆地运输时通过能力（如行进速度、最小转弯半径、最大爬坡角度、离去角、进入角、涉水深度等）。

提高雷达机动性的措施是：①采用先进技术、新器件、新材料、新工艺，提高雷达电气性能，减少雷达各主要部件的结构尺寸、重量。减少总电源消耗，达到缩小电站体积，减轻重量。②提高雷达天线架设、撤收速度。采用先进的结构设计，减少装、拆步骤；采用可靠、耐用、简单、方便、寿命长的快速装、拆机构；降低天线架设、撤收时操作高度；改进工具，少用或不用大型吊装机械。③雷达天线采用自动调平、自动定北和GPS定位技术，提高自动化程度，缩短调整时间。④便于运输。减少运输单元；根据具体情况选用多种运输方式，车载雷达应满足公路、铁路运输限制要求。⑤采用新型电站，减轻电站重量。（郑恩厚）

leida kekaoxing

雷达可靠性 (radar reliability) 雷达在规定的条件和时间内，实现规定功能的能力。可靠性的概率度量称可靠度。规定条件主要包括运输、贮存和使用时的环境条件，如温度、湿度、气压、振动等。可靠性是时间的函数，雷达只能在一定时间范围内满足规定的可靠度。因此，对时间的规定也要明确，如工作时间，贮存时间等。规定功能就是雷达所应具备的战术技术性能。可靠性分为基本可靠性和任务可靠性。基本可靠性是雷达在规定的条件下，无故障的持续时间或概率。基本可靠性反映雷达对维修的要求，其度量参数用平均故障间隔时间（MTBF）表示。确定平均故障间隔时间，应统计雷达所有时间内发生的所有故障。任务可靠性是雷达在规定的任务剖面中完成规定任务的能力，其度量参数用致命性故障间的任务时间（MTBCF）表示。确定致命性故障间的任务时间时，只统计雷达工作期间发生的危及完成任务的故障。采用冗余设计可以提高雷达的任务可靠性，但会降低基本可靠性。采用高质量元器件和改善工作的环境条件既能提高基本可靠性又能提高任务可靠性。（杨秉喜）

leida weixiuxing

雷达维修性 (radar maintainability) 雷达在规定的条件和时间内，按规定的程序和方法进行维修时，保持或恢复到规定状态的能力。如果用概率表示完成维修的可能性就是维修度。规定条件，主要是指维修的级别和场所（军械修理厂、雷达旅团修理所或雷达站）以及相应水平的维修技术人员和设施、设备、工具、技术资料及备件等。规定的程序和方法，主要包括实施维修过程中不同的方式和方法，如定期维修方式，换件

或原件修复方法等。条件、方法、程序不一样，同样一种雷达完成维修的可能性也不一样。雷达完成维修的可能性与规定的时间长短有关，规定的维修时间越长，维修度越大。

维修活动主要有预防性维修（将雷达保持在规定状态）和修复性维修（将雷达恢复到规定状态）。常用维修性定量要求有平均预防性维修时间（MPMT）和平均修复时间（MTTR）及最大修复时间。维修性的定性要求有：良好的可达性、互换性，检测诊断准确、迅速，尽量采用标准件和模块化设计等。（杨秉喜）

leida ceshixing

雷达测试性 (radar testability) 雷达整机及各分系统、分机、组件能及时准确地确定其可工作、不可工作或性能下降的状态并隔离其内部故障的一种设计特性。分为固有测试性和综合测试性。固有测试性仅取决于雷达系统或设备的硬件设计，不受测试激励数据和响应数据的影响。因此，固有测试性是强调硬件设计要具有支持机内测试设备（BITE）和外部测试设备（ETE）进行测试的特性。综合测试性包括硬件设计和测试设计的全部测试性设计特性。提高测试性的主要途径是，进行固有测试性设计和提高机内测试能力。提高机内测试能力主要是在雷达内部设置用于状态监控、故障检测和故障隔离的硬件和软件等机内测试设备，使雷达本身可以自动监测运行状况、检查有无故障并把检测出的故障定位、隔离到约定维修层的可更换单元上。雷达测试性的指标主要有3个：故障检测率（FDR）、故障隔离率（FIR）和故障虚警率（FAR）。提高雷达测试性，可以明显地缩短平均修复时间，节省人力资源和保障费用，增强雷达工作效能。

（杨秉喜）

leida baozhangxing

雷达保障性 (radar supportability) 雷达的设计特性和计划的保障资源能满足平时、战时使用要求的能力。通过可靠性、维修性设计和测试、诊断设计等专业工程设计和传统工程设计的综合，使雷达具有易于保障的设计特性。通过对雷达维修时所需人力、物力的规划，使雷达能得到经济有效的保障资源。雷达易于保障和保障资源的有机结合，才算具有好的保障性。雷达保障性分为平时能力和战时能力。平时能力主要取决于平时的维修和供应工作；战时能力主要取决于战伤修理和与战时情况相适应的供应模式。雷达保障性的主要指标有装备完好率、使用可用度、等器材无用度和站级故障修复比等。（杨秉喜）

leida huanjing shiyingxing

雷达环境适应性 (radar environmental worthiness) 雷达在寿命周期内和规定环境条件下，能保持其全部功能的能力。包括固有的和特定防护设计提供的两种。选择耐环境特性好的元器件和材料可以提高雷达的固有环境适应性。对雷达固有环境适应性不能适应的特定防护设计主要包括防霉、防潮、防腐蚀、防沙尘、防雷击、防静电、防冲击、防振动设计等。

雷达在整个寿命周期（生产、使用、维修、运输和贮存等）中，所遇到的环境因素可分为自然环境因素和诱发环境因素两类。自然环境因素主要包括：地貌、水文、土壤、植被、气象（云、雾、风、霜、雨、雪、冰雹、气温、气压和湿度等）、太阳辐射、空气污染等。诱发环境因素主要包括：冲击、静电、爆炸，机械、声波振动等。从雷达使用情况看，环境因素对雷达性能和可靠性的影响既取决于外部的环境，同时又受内部结构的阻挡、隔离和吸收缓冲等效应的影响。在热带地区由于温度高，湿度大及空气污染等使材料电解腐蚀，引起电参数变化、绝缘降低、金属变形、橡塑材料软化等。寒区由于温度低、风沙大使材料变硬、发脆，润滑剂黏稠、干涸，导致机械磨损和驱动系统负荷加大。沿海和海岛地区常因盐雾腐蚀和台风袭击，造成天线锈蚀，机壳防护层脱落，甚至摔倒天线等。由于太阳辐射的加热和化学效应，能引起材料变色、褪色、变质，密封完整性下降和灌封化合物变软等。（杨秉喜）

leida jishu xingneng

雷达技术性能 (radar technical performance) 衡量雷达及各分系统性能的技术指标和要求。主要包括：天线、馈线、发射、接收、信号处理、终端、天线控制和同步、跟踪、供配电、信号产生和时基、监测和控制等分系统的技术指标和要求。

天线分系统 主要有：工作频带宽度，波瓣图，水平面和垂直面波瓣宽度，天线增益，天线副瓣电平、尾瓣电平，单脉冲天线的差波瓣零值深度，波束指向及指向误差，天线极化方式，天线型式、尺寸和安装要求，电扫描天线的扫描型式等。

馈线分系统 主要有：工作频带宽度，输入电压驻波比，功率容量，发射、接收支路的损耗，发射状态下接收机端的漏过功率，气密性要求，多波束形成网络要求，单脉冲形成网络要求，电扫描雷达对馈线的特殊要求等。

发射分系统 主要有：发射机类型，工作频率范围，工作频带内发射机输出的脉冲功率或平均功率及功率起伏，发射脉冲宽度、前沿、后沿、顶部平坦度，脉冲重复频率（或重复周期），射频脉冲频谱、频率稳定度、相位稳定度、幅度稳定度，脉冲前沿抖动，发射机效率，工作频率变频方式、变频范围和变频速度，发射机冷却方式和要求，开关机控制及工作状态指示要求，过压保护、过温保护、驻波保护、人身安全保护等。

接收分系统 主要有：灵敏度或噪声系数，增益和增益控制方式，中频频率、带宽，输入端耐功率要求，镜像干扰抑制能力，本振工作频率范围、输出功率、频率稳定度，动态范围，恢复时间，视频放大器要求，动目标接收机要求，模拟脉冲压缩要求，各种反干扰电路要求。具有其他接收机的雷达，如相关接收机、单脉冲接收机、多路接收机要求等。

信号处理分系统 主要有：动目标信号处理性能要求，杂波图控制要求，恒虚警率要求，数字脉冲压缩要求，视频积累器要求，其他特殊信号处理要求等。

终端分系统 主要有：终端显示设备的类型、功能、尺寸、数量，显示器光点尺寸和分辨率，扫描基线非线性失真和图形失真，显示器量程和距离、方位、仰角（或高度）标志，显示空心、偏心要求，字符和图形显示要求，目标检测器型式、性能指标，点迹录取方式、能力、精度，航迹处理输入点迹数、航迹容量、保持航迹能力、航迹处理实时性，人工干预功能，接口要求等。

天线控制和同步分系统 主要有：天线扫描方式及控制方式，天线扫描范

围、扫描速度，天线控制精度，天线抗负载变化的能力，天线保护及安全措施，角同步或角数据传递精度，同步稳定度，同步灵敏度，电扫描波束控制要求等。

跟踪分系统 主要有：角跟踪方式、精度，目标距离跟踪要求，目标速度跟踪要求，电扫描波束跟踪要求等。

供配电分系统 主要有：电源的容量、频率和电压及其变化要求，全机配电平衡、交流稳压、直流电源要求等。

信号产生和时基分系统 主要有：雷达发射信号基本形式和要求（通常有脉冲信号、连续波信号、调频信号、编码信号等），频率源要求（如振荡频率、输出功率、频率稳定度、杂散频率的抑制度等），信号变频要求（脉内变频、脉组变频、脉间变频、自适应变频等），定时脉冲、同步脉冲和时钟脉冲要求，提供显示器的距离刻度、角刻度信号要求等。

监测和控制分系统 主要有：雷达工作时主要性能和状态的监测项目，以及指示正常工作时的性能参数或工作状态的要求，雷达工作时主要故障监测项目和故障诊断、隔离、定位及指示要求。控制台人工控制的项目、功能要求等。

此外，具有中心计算机的先进雷达系统，有对计算机在雷达中的用途、性能及软件要求。根据各型雷达的具体情况，有对所需的配套设备等要求。

（徐炎祥）

mubiao leida jiemianji

目标雷达截面积 (radar cross-section of target) 目标向雷达接收方向散射电磁波能力的量度。英文缩写为RCS，常用符号σ表示，单位是平方米。是决定雷达探测距离的重要参数之一。它是一个等效的面积，即该面积所截获的雷达入射功率经各向同性散射后，在雷达接收天线处的功率密度正好等于目标散射到该处的功率密度。目标雷达截面积取决于目标本身的材料、形状、几何尺寸，以及雷达对目标的视角、工作频率、雷达发射天线和接收天线的极化等。测量目标RCS的方法，一种是通过测量目标的模型然后换算，另一种是直接对目标进行测量。直接测量又有静态测量和动态测量两种。每一种测量都需要用一个已知RCS的良好导电球体来定标（当波长小于球体周长的十分之一时，球体的RCS与频率基本无关，为其光学截面积πr^2，r是球体半径）。复杂形状目标的RCS在运动中有起伏，是一个随机量，其常用值通常是统计平均值。现代军事斗争中，人们采用多种方法来减小飞机、舰船等军事目标的RCS。选用能吸收电磁波或减少电磁波散射的材料和特殊的外形设计，可以减小目标的RCS，以达到隐身的目的。相反，利用*双／多基地雷达*，或采用*米波雷达*，对隐身目标可呈现较大的RCS，收到反隐身的效果。在微波波段，小型战斗机向站RCS多在1～3m^2，而现代隐身战斗机则呈现0.05m^2或更小的RCS。

（沈发仁）

leida mubiao texing

雷达目标特性 (radar target signature) 被雷达电磁波照射的目标散射电磁波的特性。是探测和识别目标的基础。主要度量是*目标雷达截面积*(RCS)及其起伏特性，由散射信号的幅度及相位决定。对复杂目标，截面积一般取统计平均值。飞机目标的起伏特性，通常用美国雷达专家斯威林提出的4种数学模型来表述。雷达目标包括空中目标（飞机、巡航导弹等），空间目标（弹道导弹、卫星、航天飞机、宇宙空间站等），气象目标（云、雨等），地物目标（山、丘陵、城市等）等，不同用途的雷达有其特定的雷达目标。雷达目标分为点目标、面目标和体目标。反射体的尺寸比雷达分辨单元（由雷达脉冲宽度和波束宽度决定）小时为点目标，如远距离的飞机、导弹等。反射体的尺寸比雷达分辨单元大时为面目标或体目标，如大型舰船、地面、海面等为面目标，云、雨、箔条、鸟群等为体目标。

雷达目标特性与目标的材料、形状、几何尺寸以及照射波的频率、极化、视角等有关。例如隐身飞机利用吸波材料和外形隐身技术，极大地降低了飞机的散射特性。短波频率的*超视距雷达*及*米波雷达*，由于飞机及导弹的尺寸与照射波长处于同一量级，具有较强的振荡特性，引起电波强烈反射，对反隐身目标有利。极化分集可提高雷达的目标探测、识别和抗干扰能力。利用隐身目标某些方向的散射比后向散射大的特点，有利于发现隐身飞机。

雷达目标特性可在远场测量或在飞行中测量获得，也可在微波暗室近场测量获得。在目标缩比测量时，利用缩比模型与全尺寸实物相似性原理，减少了测试的复杂性。

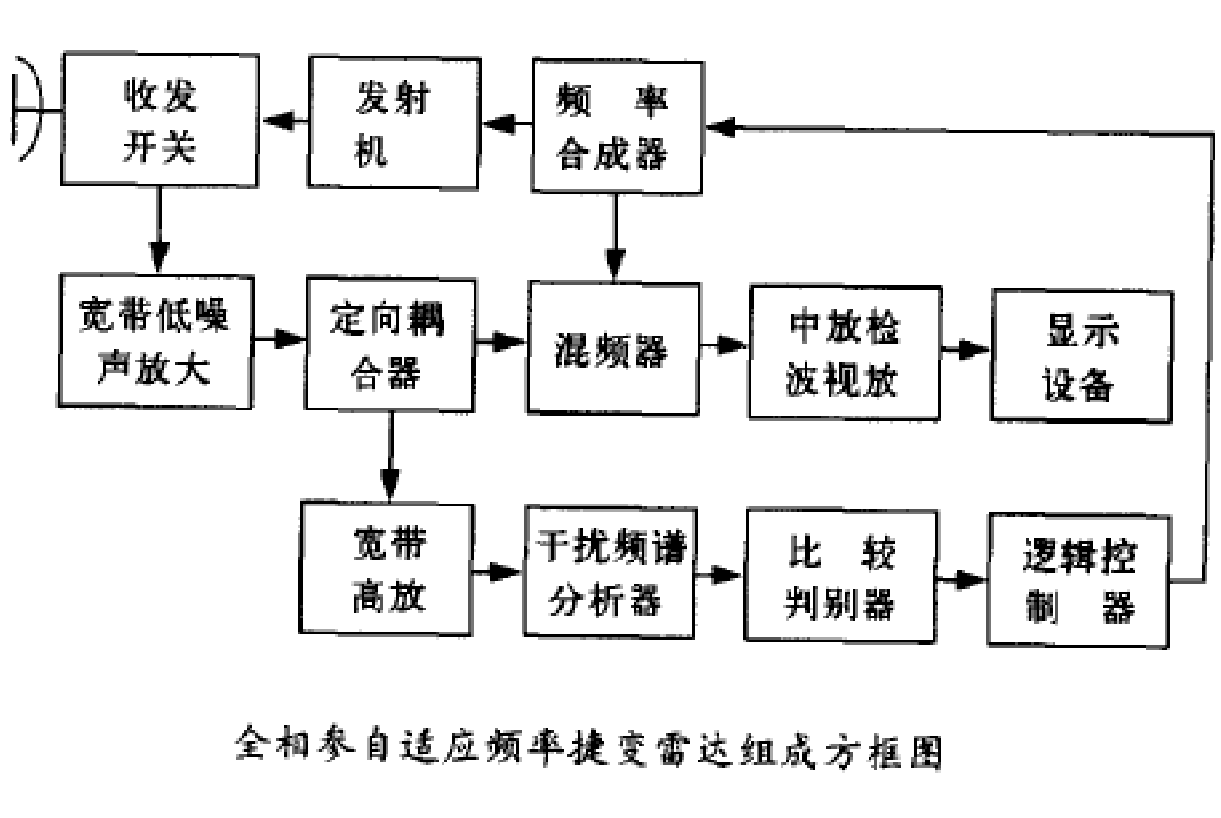
（郑小福）

leida pinlü jiebian jishu

雷达频率捷变技术 (radar frequency-agility technique) 使雷达发射信号的载频，在脉冲间或脉组间按一定规律或随机快速改变的技术。可以有效地提高雷达抗干扰能力，特别是可以有效地对抗窄带瞄准式有源干扰，而且还具有提高探测距离和测角精度以及抑制海浪杂波等优点。分为非相参频率捷变和全相参频率捷变技术。

非相参频率捷变技术 通常用于以频率捷变磁控管作为振荡源的雷达。主要由频率捷变磁控管、压控本振和频率跟踪装置等组成。频率捷变磁控管有规律地或随机地改变发射信号频率，其发射脉冲信号与接收机本振信号没有确定的相位关系，压控本振快速跟踪发射信号频率，使本振频率与发射信号频率之差等于接收机中频，保证回波信号的正常接收。非相参频率捷变雷达是在20世纪60年代初研制成功的。结构简单，易于实现，造价低廉，但是不易控制发射频率，发射信号的频率稳定度差，不能和动目标显示技术兼容。

全相参频率捷变技术 用于以主振放大链构成的频率捷变雷达。核心是频率合成器，通常用晶振—倍频直接合成，



全相参自适应频率捷变雷达组成方框图

或者用高速锁相环间接合成。能产生快速频率捷变的发射信号和本振信号，两者之间保持严格的相位关系，频率稳定度高。所产生的发射信号经过功率放大链放大后发射出去。全相参频率捷变雷达控制灵活，可以和脉冲压缩等技术相结合，脉组频率捷变与动目标显示兼容。全相参频率捷变雷达于60年代后期研制成功。

在全相参自适应频率捷变雷达中（见图），还采用干扰频谱分析器、比较判别器等。雷达发射脉冲的载频不是盲目地随机跳变，而是根据干扰信号的频谱分布有目的地捷变，即雷达根据对干扰信号频谱的侦察分析，找出雷达工作频率范围内不受干扰的频率或干扰强度最弱的区域，然后控制发射脉冲的载频，使其跳到无干扰或干扰信号最弱的频率上去。自适应频率捷变技术已在全相参雷达中得到广泛应用。

（李鼎安）

leida pinlü fenji jishu

雷达频率分集技术 (radar frequency diversity technique)　一部雷达同时采用两个或两个以上工作频率对同一目标进行探测的技术。通常有两种形式：一种是采用多路发射机，由同一个定时器同步，并顺序延时（微秒级）发射不同频率的射频脉冲；另一种是使用1部发射机，在同一重复周期内顺序发射两个或两个以上的不同频率的射频脉冲。这些射频脉冲经同一天线辐射，多路接收机接收的回波信号经处理合成为单一信号，以便进行后续处理和显示。

采用雷达频率分集技术的优点是：①增大作用距离。多个不同频率同时工作，改善了雷达在高发现概率条件下的目标探测能力。②提高了抗干扰能力。不同载频的发射脉冲覆盖了较宽的频率范围，迫使干扰机不得不加宽干扰频带，从而降低了干扰频谱的功率密度，减小进入雷达接收机的干扰功率，提高了雷达的抗干扰能力。③提高了系统的可靠性。这种体制对不同频率在结构上采用各自独立的通道，当一个频率系统失效时，不会影响其他频率系统的正常工作，只是探测性能和抗干扰能力有下降。④降低目标角度闪烁，提高测角精度。

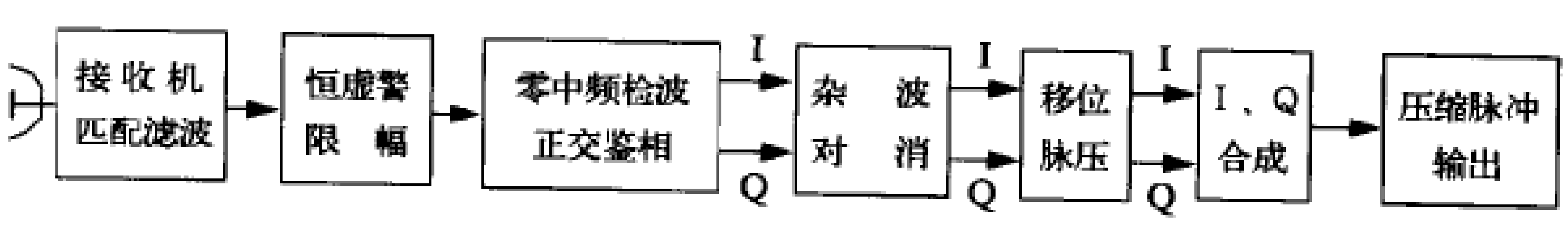
（王保琨）

leida maichong yasuo jishu

雷达脉冲压缩技术 (radar pulse-compression technique)　雷达发射长时宽的宽带脉冲信号，而将接收的回波信号处理为窄脉冲的技术。发射采用宽脉冲信号，在相同平均功率情况下，可以降低峰值功率以保持探测能力。降低峰值功率可避免发射、馈线系统打火击穿，增强抗侦察的能力。宽带宽脉冲回波经压缩产生的窄脉冲既能保持雷达的距离分辨力，又使雷达受干扰较小。

脉冲压缩采用的发射信号有两种形式：①线性调频或非线性调频信号。这种信号一般采用窄脉冲信号冲激声表面波延时线色散形成，接收时再用对偶声表面波延时线加权压缩还原为窄脉冲。随着数字电路迅速发展，也可用数字电路产生调频信号配以声表面波延时线压缩，或直接按接收分辨单元以数字电路压缩。非线性调频会获得压缩后更低的距离副瓣，但波形产生和处理较复杂。②相位编码信号。将宽脉冲分为若干子脉冲，每个子脉冲的初相是按压缩后时域副瓣最低的要求编码的。常用的有二相码和四相码，即分别以180°和90°改变子脉冲初相。在接收时以鉴相器分离为正、负幅度的脉冲，经移位寄存器乘以符号位延时叠加为窄脉冲。鉴相器输出只依相位进行正、负幅度为区分，可进行恒虚警限幅处理，具有优良的抗杂波及抗干扰性能。在载频高及脉宽长时，对高速目标受多普勒频移影响，脉压损失很大，不宜采用。压缩后时域副瓣最低的编码形式为13位巴克码，可获得−22.3分贝的副瓣。典型相位编码脉冲压缩雷达接收机信号处理流程如图所示。

衡量脉冲压缩性能的主要指标是脉压比、发射信号带宽B与脉宽T的乘积BT、脉压损失、压缩后时域副瓣及多普勒频移响应等。调频信号的BT达数千，脉压后时域副瓣能达到−35分贝左右。



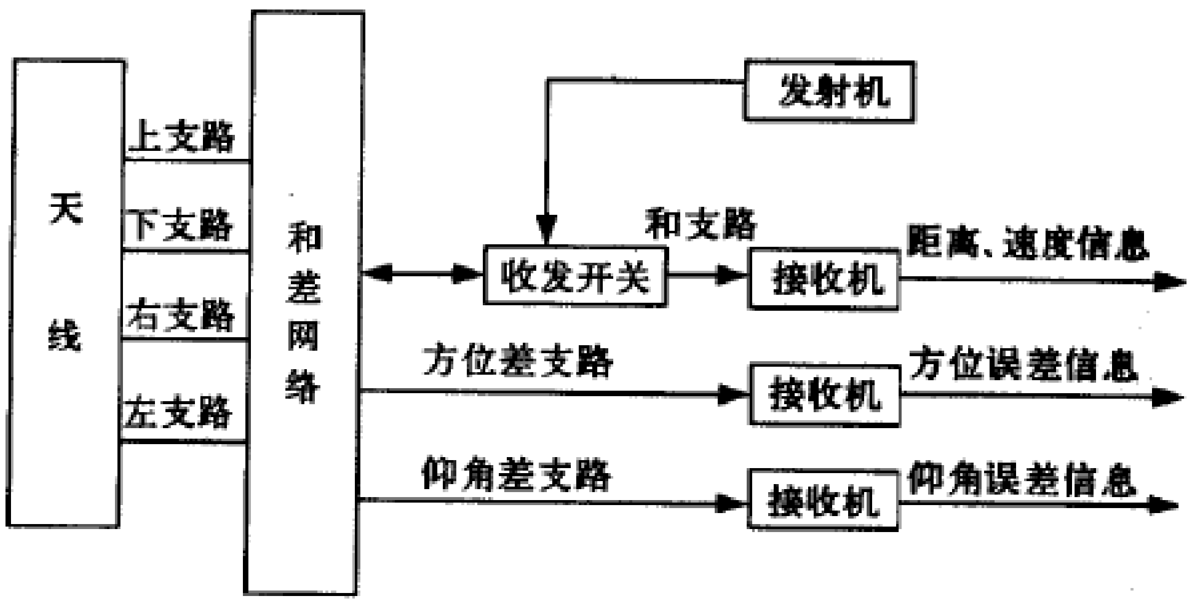
相位编码脉冲压缩处理方框图

（贾玉贵）

leida danmaichong jishu

雷达单脉冲技术 (radar monopulse technique)　利用雷达天线同时形成多个波束，从单个目标回波脉冲中获取目标角度信息的技术。特点是：跟踪精度高、数据率高、抗干扰能力强，但结构、技术复杂。单脉冲要求多路接收机同时工作，为保证测角灵敏度和精度，要求多路接收机工作特性严格一致。

单脉冲技术的种类较多，常用的有振幅比较单脉冲和相位比较单脉冲。振幅比较单脉冲通常由4个天线馈电单元与3个接收支路组成（见图）。发射时，4个馈电单元发射合成1个波束。接收时，



振幅比较单脉冲原理方框图

4个馈电单元经过和差网络分成3个接收支路。其中1个支路为和支路，由4个馈电单元接收信号全部相加而成，波束中心轴与天线瞄准轴重合，和支路信号经接收、处理后，用以提供目标距离、速度等信息。另两个支路为方位差支路和仰角差支路。处于同一水平面两个馈源形成的波束为方位测角波束，其形状相同，与瞄准轴左右对称排列，以一定的角度重叠，经馈线网络合成后形成方位差支路。处于同一垂直面的两个馈源形成的两个形状相同波束为仰角测角波束，与瞄准轴上下对称排列，以一定的角度重叠，经馈线网络合成后形成仰角差支路。当天线瞄准轴在方位上对准目标时，

两个方位测角波束接收到的信号幅度相同，差值为零。当目标在方位上偏离瞄准轴时，两个方位接收波束接收的信号幅度不等，就有误差信号输出，称为方位差信号。仰角支路工作情况与方位支路类同。在跟踪雷达中，该信号经处理、放大后送天线驱动系统，驱动天线向减小误差的方向转动，直到天线瞄准轴对准目标。

相位比较单脉冲技术在水平或垂直平面上各采用两个相同而略分离的天线。在方位相位比较单脉冲中，水平面上两个方位测角波束形状相同，波束轴以一定间隔与天线瞄准轴平行对称排列。当目标位于天线的瞄准轴时，两个方位波束的回波信号相位相同，其误差为零。当目标在方位上偏离天线瞄准轴时，由于两个天线相隔一段距离，两天线所接收的回波信号存在波程差而产生相位差，经相位检波器检出方位误差信号。仰角支路的工作情况与方位支路类同。在跟踪雷达中，该信号经处理放大后送天线驱动系统，驱动天线向减小误差的方向转动。

自20世纪40年代末开始，单脉冲技术已逐步广泛应用于火控、精密测量和气象雷达，在三坐标雷达和相控阵雷达中也得到较多应用。

（曹炳伦）

leida dongmubiao jiance jishu

雷达动目标检测技术 (radar moving target detection technique) 在低脉冲重复频率雷达中，利用多普勒效应对回波脉冲串进行频域处理来检测运动目标信号的技术。是一种相参检测技术，动目标检测（MTD）性能较动目标显示有明显的提高。

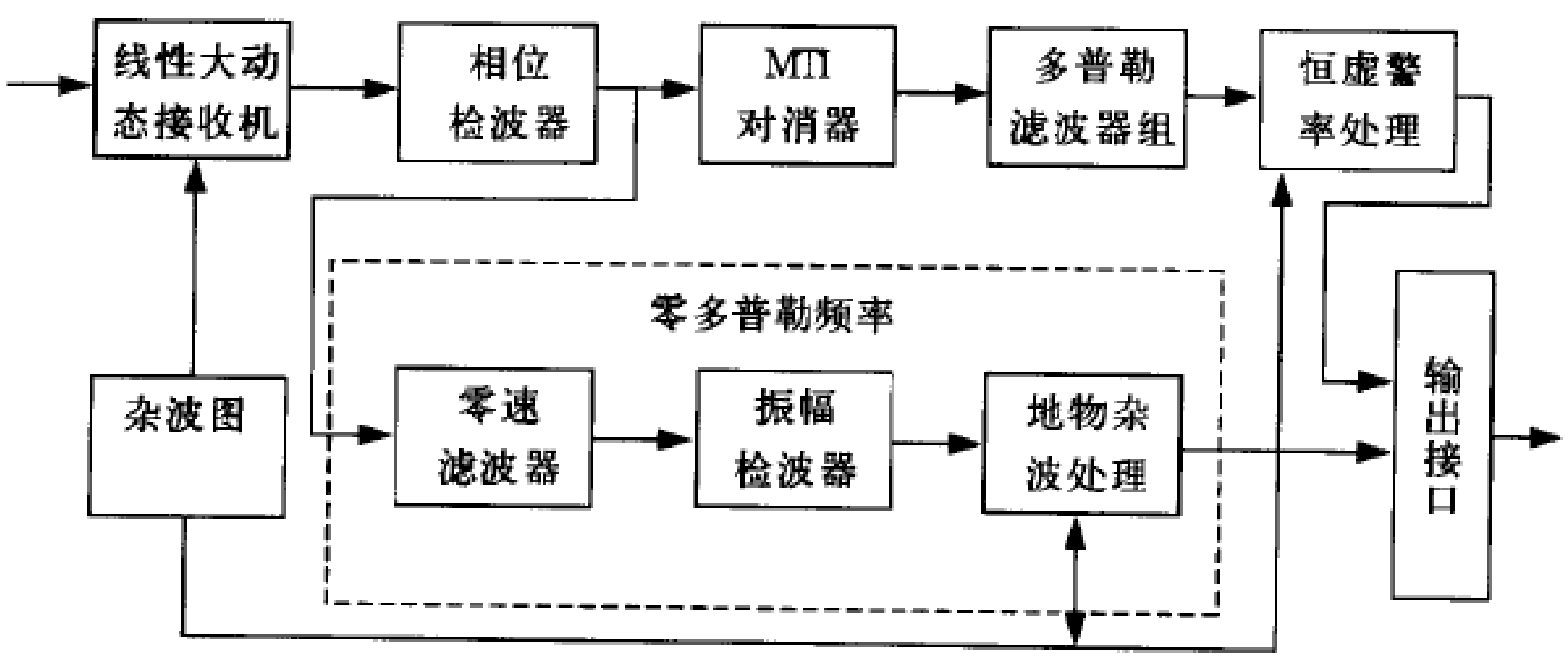
动目标检测器的组成（见图）核心是窄带多普勒滤波器组。雷达回波信号经线性大动态范围接收机、相位检波器处理后，由动目标显示对消器消除大部分固定杂波，减小后续处理对动态范围的要求，再由多普勒滤波器组进行相参积累，进一步改善信噪比，经恒虚警率处理，从输出接口送至录取设备。MTD雷达多普勒滤波器组所包含的滤波器数目一般为8～32个，通常基于快速傅立叶变换（FFT）算法来实现。

MTD通常与杂波图技术相结合用于检测切向飞行的目标。切向飞行目标的多普勒频率为零，回波信号的谱线正好落在零速滤波器的阻带，受到抑制，但利用杂波图则可将其检测出来。只要杂波图有足够的位数，将包含有零多普勒频移信息的目标加杂波单元与相应的已存贮杂波的单元信息相减，差值若超过某一检测门限，即可判定存在切向飞行的目标，然后经接口电路送至录取设备。

现代的MTD雷达一般都采用杂波图存贮恒虚警率电路，即将空间按距离和方位分成若干个小单元，随着天线扫描，对各单元的杂波在时间上取样，并通过存贮估计其均值和设置门限，可得到恒虚警率检测。

20世纪70年代中期，由美国麻省理工学院林肯实验室研制成功MTD雷达。到90年代MTD技术已发展了三代，使用该技术的典型产品是美国西屋公司研制的ASR-9雷达，主要特点是利用先进的数字技术与算法，改善因子可达44～52分贝。随着超高速集成电路和微处理器的迅速发展，动目标检测技术的运用会越来越广泛。

（沈 齐）

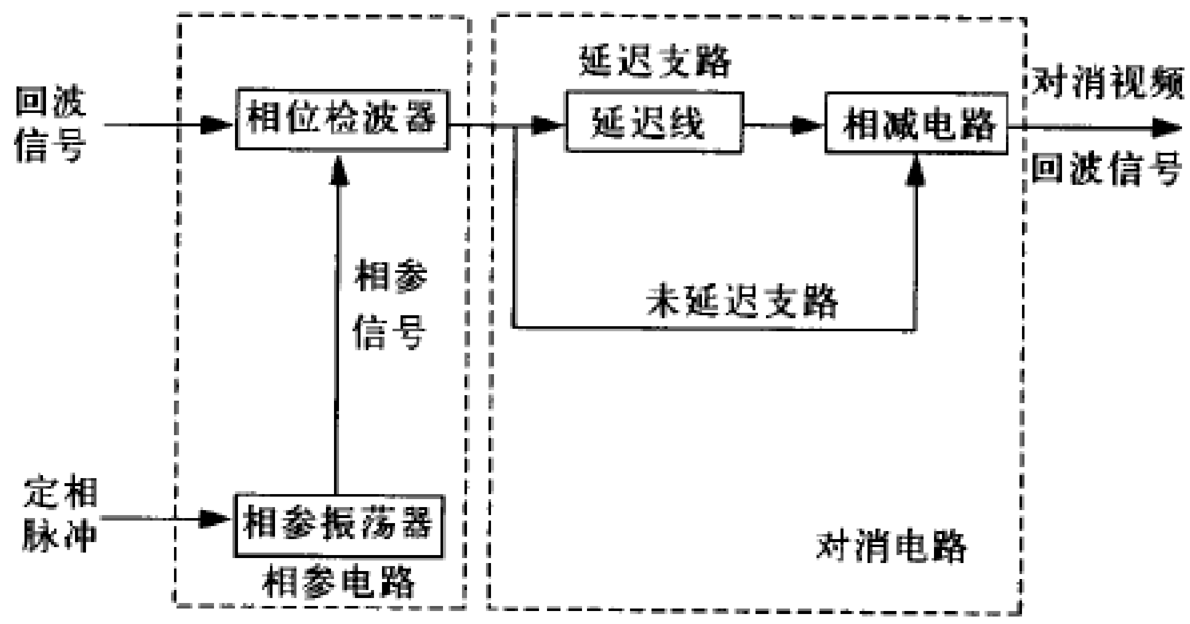


动目标检测器简化组成方框图

leida dongmubiao xianshi jishu

雷达动目标显示技术 (radar moving target indication technique) 利用多普勒效应，使雷达能够显示具有一定运动速度目标回波的技术。主要技术指标要素是改善因子、杂波中可见度、杂波衰减及对消比等。

动目标显示（MTI）系统由相参电路和对消电路两大部分组成（见图）。①相参电路。利用一个与发射脉冲信号有严格相位关系的连续振荡信号—相参信号，作为回波信号的相位比较基准，利用相位检波器将回波信号的相位变化转化为输出信号的幅度变化。相位检波器的输出信号称之为相参视频回波信号，运动目标回波是受多普勒频率调幅的视频脉冲串，直接在A型显示器上显示时可呈现幅度跳动的“实心”回波，称为“蝴蝶效应”。固定目标的回波信号与相参信号的相位差为一常数，相位检波器的输出是等幅视频脉冲串，在A型显示器上将显示不跳动的“空心”回波，不呈现“蝴蝶效应”，由此可以区分出运动目标和固定目标。当目标径向速度达到某一数值，回波多普勒频率为脉冲重复频率的整数倍时，会出现盲速现象，这时相位检波器的输出也是等幅视频脉冲串，从而会把运动目标当作固定目标对消掉。为解决这一问题，可以采用参差重复频率的方法，使其在规定的目标速度内不产生盲速。②对消电路。由延迟支路、未延迟支路和相减电路组成。相参视频回波信号经延迟线延迟



动目标显示系统组成方框图

一个重复周期后，在相减电路中与下一个重复周期的未延迟回波信号相减，由于固定目标回波在相邻重复周期的电压幅度相等，相减之后的差值为零，即被对消了；而动目标回波信号的电压幅度不相等，相减后的差值不为零，仍有动目标回波信号输出。为了提高动目标显示性能，可以采用多次延迟相消，如三脉冲对消、四脉冲对消等。

动目标显示技术出现于20世纪40年代。主要用于担负低空防御任务的警戒和引导雷达、武器控制雷达以及其他具有下视能力的机载雷达等。动目标显示技术在实际应用中不断改进和完善，其中的关键元件延迟线在早期采用超声波延迟线，如水银延迟线、固体延迟线（熔石英延迟线）和磁致伸缩延迟线等。70年代后，电荷耦合器件（CCD）用于模拟延迟线。随着数字技术的发展，数字延迟线得到广泛应用，采用数字延迟线的称数字动目标显示技术。70年代发展起来的自适应动目标显示技术，通过在信号处理中自适应地改变滤波器凹口的中心频率和宽度，可有效地抑制云雨、箔条等慢速运动杂波信号。

（沈 齐）

leida di jiehuo gailü jishu

雷达低截获概率技术 (radar low interception probability technique) 使雷达能探测一定距离的目标并降低敌方截获发射信号概率的技术。是现代雷达电子对抗的一种有效手段，可提高雷达的抗反辐射武器攻击和反侦察、抗干扰能力。20世纪70年代末，由美、英等国开始研究和实验，并在一些雷达装备上应用。

降低被截获概率的主要技术措施是：①采用超低副瓣天线。超低副瓣可从时间和空间上降低被截获概率。②采用较低增益的发射天线，高增益多波束接收天线。③实时发射功率管理技术。根据主要作战任务和目标所在空间位置，实时管理发射功率，在保持对目标探测的前提下，尽量减小发射功率。④采用连续波、宽频谱或长时宽、大带宽、低峰值功率发射信号。⑤采用复杂的发射信号。如频率捷变、重频抖动、波形捷变等，增加侦察接收机的识别难度。

（李耀元）

leida di fuban tianxian jishu

雷达低副瓣天线技术 (radar low-sidelobe antenna technique) 使雷达天线的副瓣电平低于某一规定值的技术。对于提高雷达的抗有源干扰能力、杂波抑制能力和抗反辐射武器攻击能力具有重要作用。天线副瓣是指天线主瓣以外的波瓣，副瓣电平是副瓣的峰值、平均值相对于主瓣峰值的电平，一般以负分贝数表示。根据天线的副瓣电平值，可分为低副瓣天线、甚低副瓣天线和超低副瓣天线（见表）。

各类天线副瓣电平值

天线类型	副瓣电平 低于主瓣电平(分贝)	
	最大峰值	平均值
一般天线	> −25	> −30
低副瓣天线	−25～−35	−35～−45
甚低副瓣天线	−35～−45	−45～−55
超低副瓣天线	< −45	< −55

影响天线副瓣电平的主要因素是天线的照射特性。轴对称的反射面天线，如抛物面天线，由于初级馈源泄漏和口径阻挡效应，很难做到低副瓣和超低副瓣，而平面阵列天线在这方面有很大潜力。平面阵列天线的低副瓣和超低副瓣是利用计算机辅助设计和计算机辅助机械加工来实现的，关键技术是：高精度馈电网络的设计、加工与调试和天馈线一体化设计技术；高精度幅度、相位一致性的监测、诊断与调校技术等。

1972年，美国西屋公司制造出世界上第一部正式使用的超低副瓣天线，用于机载预警雷达，最大副瓣电平低于−45分贝。随着天线设计理论方面新的突破和工程制造技术的进步，以及对大型雷达天线的精密测试技术的提高，新型雷达天线已普遍实现了低副瓣。

（杨小雷）

leida tianxian fuban duixiao/niying jishu

雷达天线副瓣对消／匿影技术 (radar antenna sidelobe canceling/blanking technique) 利用辅助天线接收的干扰信号来抑制雷达天线副瓣进入的干扰信号的技术。

天线副瓣对消技术 通过对辅助天线接收信号作加权求和，再与主天线输出信号相减，使干扰信号输出最小的技术。是雷达抑制副瓣干扰的有效方法。原理结构（图1）：以两个辅助天线为例，主天线具

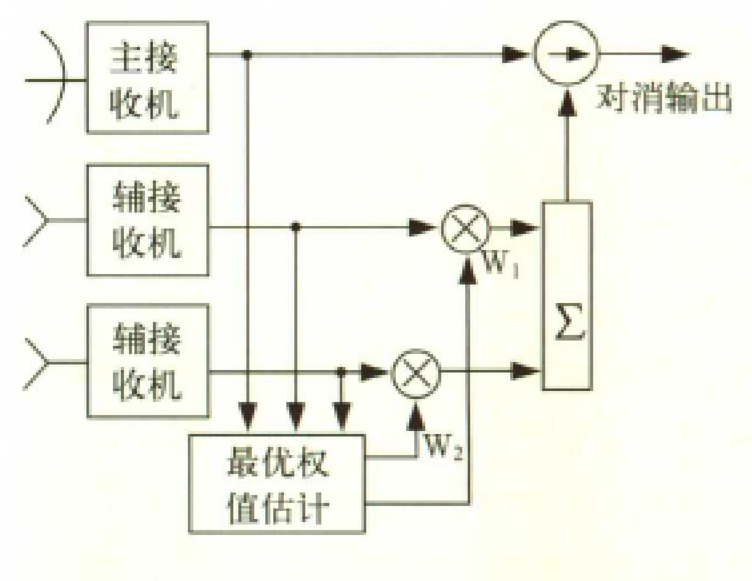


图1 天线副瓣对消原理结构示意图

有强方向性，确定了目标的方向；辅助天线无方向或方向性很弱，增益与主天线第一副瓣相当。当主天线的副瓣和辅助天线同时接收到干扰信号时，两者的强度是可以比拟的。为了使对消具有自适应能力，通常在辅助天线支路增加权值调整器W，调整干扰信号的振幅和相位。随着干扰方向的改变，或由于主天线转动，使两路干扰信号的振幅和相位也跟随变化，所以权值的调整必须是自适应的，这种方法等效于将天线方向图的零值对准干扰方向，是零值滤波器的一种类型。其优点是能对付各种样式的干扰，缺点是结构比较复杂。对抗多个干扰源时，要采用多个辅助天线和辅路接收机。采用副瓣对消技术后，一般可获得20分贝左右的附加对消比。此时，在提高抗干扰能力的同时会削弱天线主瓣对有用信号的接收。

天线副瓣匿影技术 主天线和辅助天线所接收的信号，分别经主、辅路接收机，送至比较器进行比较的技术。是雷达抑制从副瓣进入的低工作比的脉冲干扰、强目标回波、杂波回波的有效方法。原理结构（图2）：当目标或干扰处于主瓣方向，主天线的输出大于辅天线的输出时，选通器开启，主路接收机的信号经过选通器送往显示器；当干扰处于副瓣方向，主天线的输出小于辅天线输出时，选通

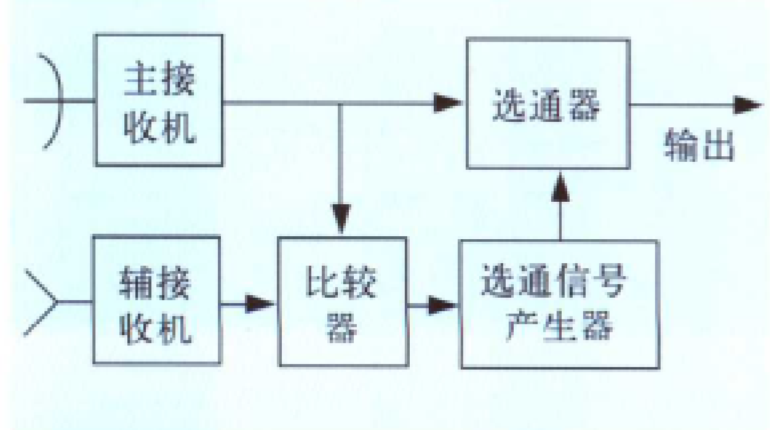
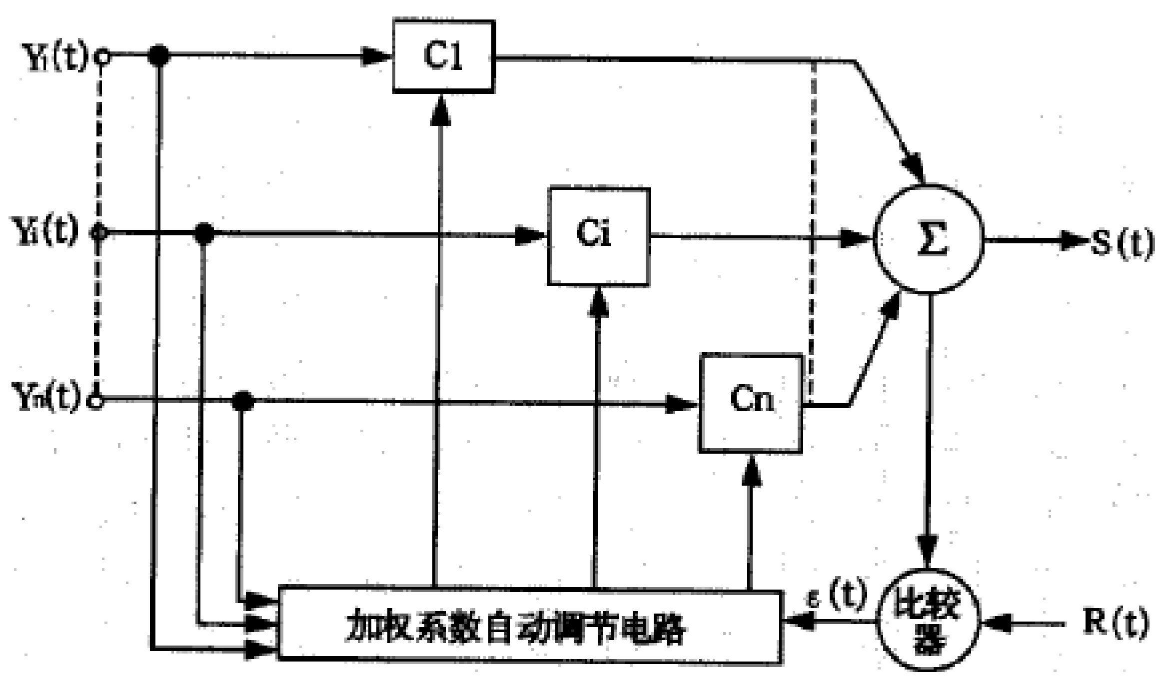


图2 天线副瓣匿影原理结构示意图

器关闭，没有信号送往显示器，从而消除来自副瓣的干扰。与天线副瓣对消技术相比，天线副瓣匿影技术比较简单，易于实现，其缺点是不能对抗高工作比的脉冲干扰和连续波噪声干扰。通常这种技术往往是与副瓣对消技术结合在一起，通过功能选择进行工作。 （李鼎安）

leida tianxian zishiying kangganrao jishu

雷达天线自适应抗干扰技术 （radar antenna adaptive antijamming technique） 使雷达根据目标信号与干扰信号的具体情况，自动控制天线波束形状，达到在空间上对信号的最佳接收并对干扰信号加以抑制的技术。是一种基于天线的雷达信号处理技术，也是数字波束形成技术在雷达抗干扰中的应用。用于阵列天线的雷达。原理（见图）：在若干个辐射元组成的阵列天线中，每个天线元接收的信号为 $Y_i(t)$，各经一个复数加权网络（即增益与相位可控的放大单元），然后组合相加产生阵输出 S(t)。为了做到自适应，S(t)与参考信号R(t)进行比较，产生误差信号 ε(t)加到权系数自动调节电路，以控制调节各加权系数 C_i，从而使输出 S(t)改变，最终达到误差信号最小，使天线方向图“零点”自动对准干扰方向。N 个辐射单元可形成(N−1)个“零点”，抑制(N−1)个方向的干扰。参考信号R(t)应尽量与接收信号形式一致，而与干扰信号形式尽量不同，这样才能更好地接收有用信号而抑制干扰，R(t)可以用参考信号产生器产生。



天线自适应抗干扰原理示意图

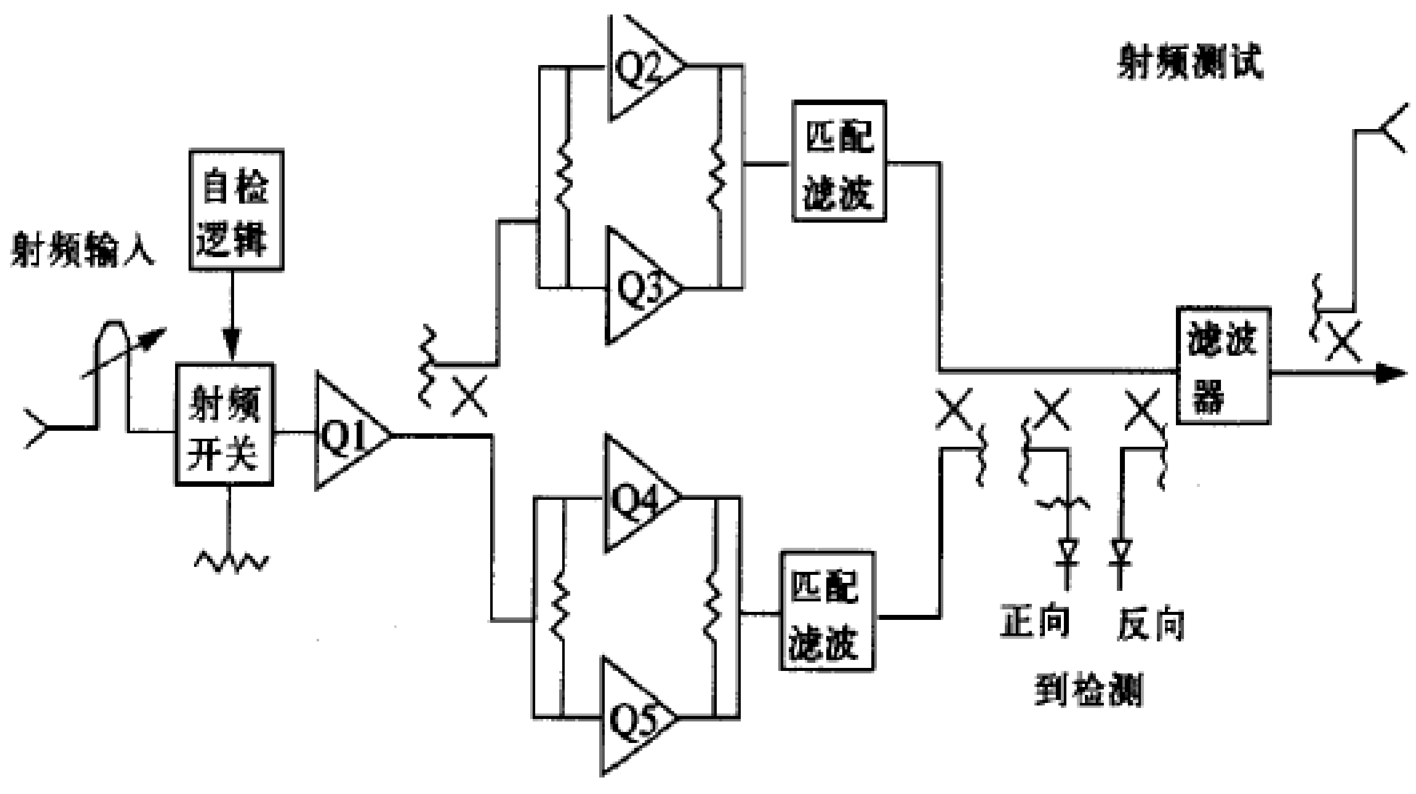
天线自适应控制系统是一个典型的复现自控系统。优点是：具有从干扰中检测微弱信号的能力，且干扰越强，系统的自适应能力和响应速度越高。缺点是：干扰源数目较多时，自适应能力下降，结构复杂，成本高等。

随着滤波、检测、杂波抑制、信号处理等自适应技术的发展和应用，具有自动适应环境变化，能将天线方向图多个“零点”自动对准多个干扰源方向的天线自适应抗干扰技术，具有广泛的应用发展前景。 （李鼎安）

leida gutai fasheji

雷达固态发射机 （radar solid-state transmitter） 应用半导体电子固态器件组成的雷达发射机。早期雷达发射机采用电真空器件，20 世纪 70 年代以来固态发射机技术得到广泛应用，在分米波段或更低的频率雷达上逐渐取代电真空器件发射机，在更高的频段也已有雷达采用固态发射机。

雷达固态发射机由若干固态发射组件构成（见图），每一组件内由多个放大器件逐级放大后并联输出。有两种形式：①集中式固态发射机将多个发射组件输出的功率经高频圆盘或馈线网络进一步合成后，以单路高频馈线送至天线。②分布式固态发射机将不同发射组件置于天线背后，分别馈入平面阵列天线的辐射单元，在空间进行辐射能量合成。分布式固态发射机避免了部分馈线损耗和合成网络损耗，但由于分布式发射组件配置在天线上，维修不够方便，对环境条件适应性要求更高，且组件热辐射易被红外寻的导弹攻击。衡量固态发射机的主要技术性能要素为：增益、脉宽、工作比、输出功率、带宽、幅相稳定性、效率和驻波承受能力等。

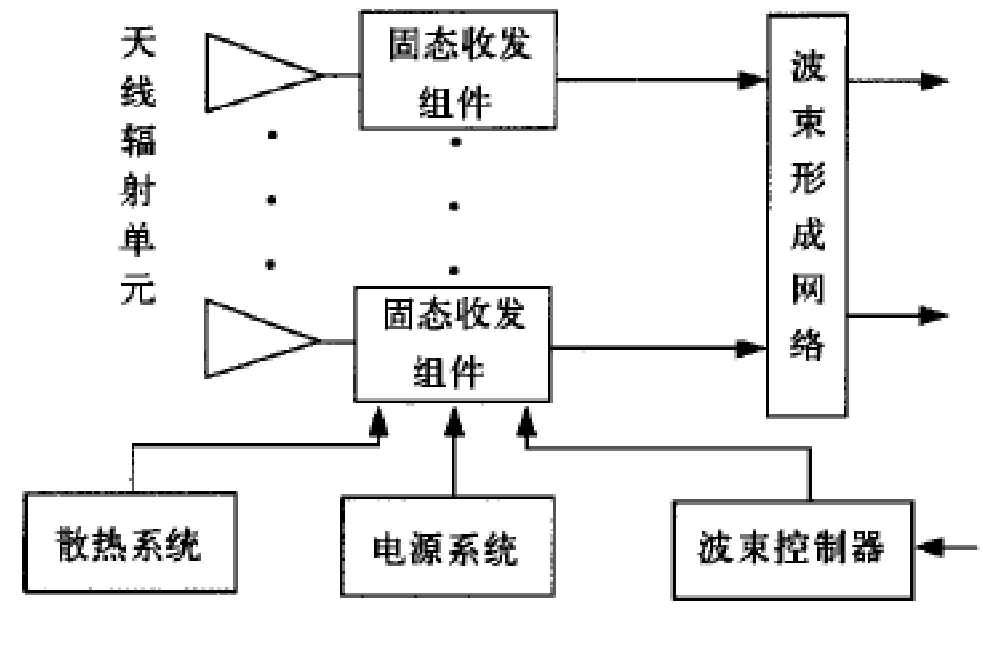


固态发射组件示意图

雷达固态发射机与电真空器件发射机相比，有以下特点：①固态发射机只需要数十伏的电压且不需要大功率调制器，减小了体积和重量，并提高了使用安全性；不需预热，开机时间短。②固态器件工作寿命极长，大幅度提高了发射机的可靠性；少量发射组件失效后，系统性能稍微下降，但仍能工作，提高了发射机的冗余性。③固态发射机可提供50%甚至更宽的带宽。④固态发射机峰值功率低。一般适应于低峰值功率的高工作比工作方式。 （贾玉贵）

leida gutai youyuan xiangkongzhen jishu

雷达固态有源相控阵技术 （radar solid-state active phased array technique） 雷达阵列天线中每个天线单元（子阵）采用固态收发组件直接馈电的相控阵技术。采用分布馈电方式，射频功率通过阵列中每个固态收发组件放大并在空间进行合成。固态有源相控阵通常由6个基本部分组成(见图)：天线辐射单元、固态收发组件、波束形成网络、波束控制器、散热系统、电源系统。特点是：①每个天线单元（子阵）都有自己的功率源，虽然功率不大，但天线单元（子阵）的数量多，易于获得大的空间合成平均功率。②每个收发组件直接与天线单元（子阵）连接，收发馈线系统的损耗可降至最低。③固态收发组件数量多，即使个别组件故障，也



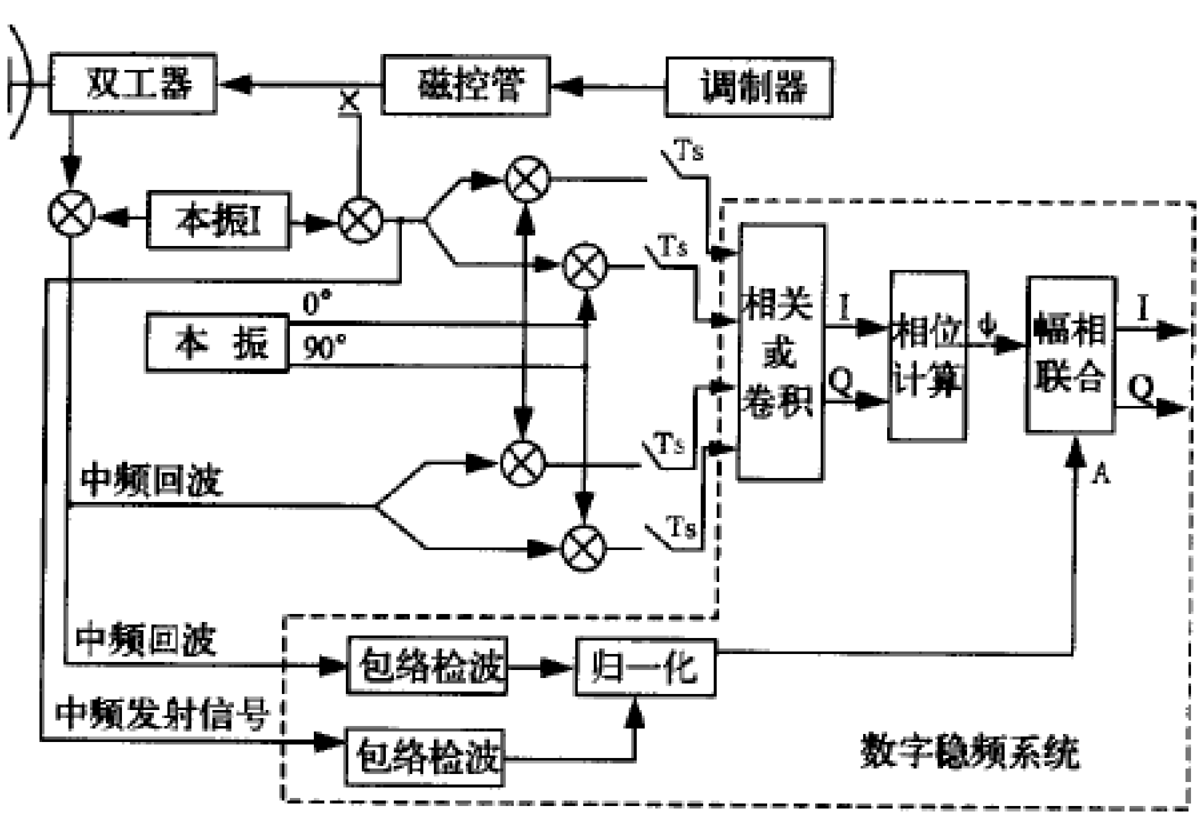
固态有源相控阵基本原理示意图

不会导致全机失效，系统任务可靠性高。④馈线系统可靠性高。⑤易实现多目标跟踪和自适应阵列处理，可多种工作状态瞬时自动切换，提高目标识别和抗干扰能力。采用固态有源相控阵技术需要解决的突出问题之一是阵面组件热耗产生的红外热辐射，易遭红外寻的导弹的攻击。

随着大功率固态功率管、微波集成电路、数字信号处理、计算机技术的发展和新型移相器的出现，固态有源相控阵技术在雷达领域的应用日益广泛。采用大量混合微波集成电路和单片微波集成电路的固态有源相控阵雷达，已成为雷达发展的一个重要方向。 （王华彬）

leida shuzi wenpin jishu

雷达数字稳频技术 (radar digital stability correcting technique) 在普通脉冲雷达中采用数字式校正方法，用发射样本信号与接受信号作相关或卷积处理，提高探测运动目标能力的技术。亦称数字稳定校正技术。20世纪80年代初由美国GD公司提出，主要用于非相参雷达，是提高非相参雷达抑制地杂波的能力比较经济、有效的技术途径。



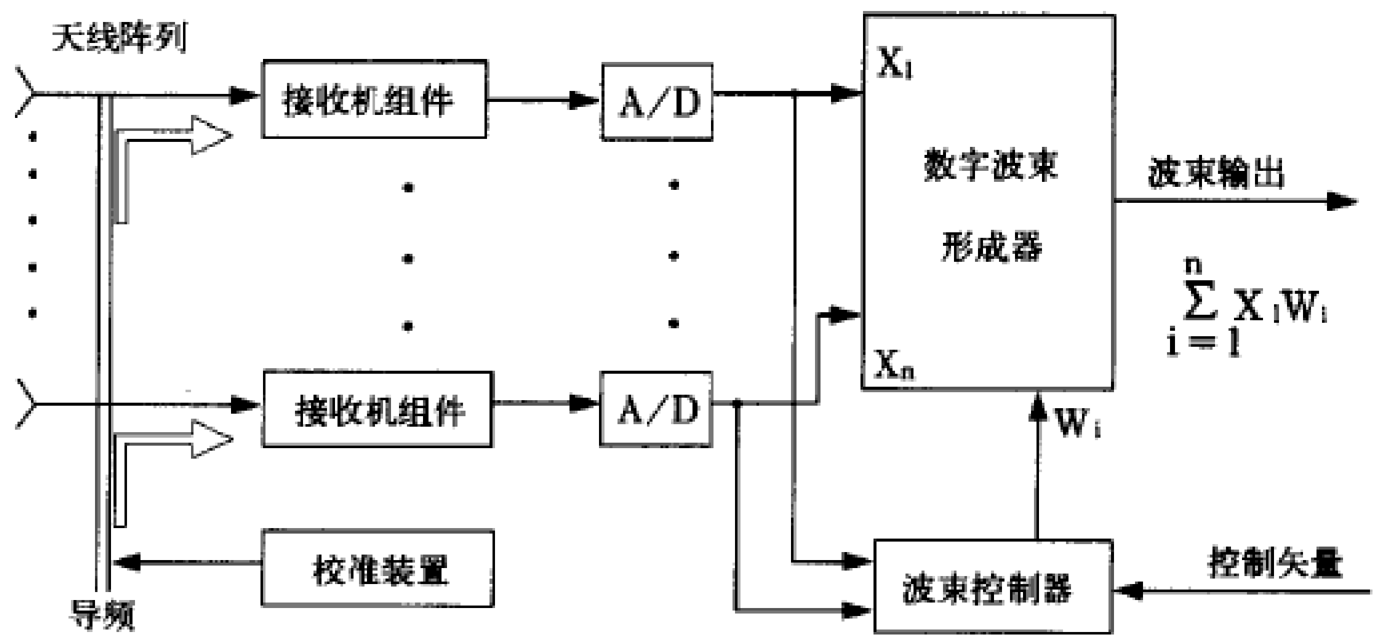
数字稳频系统基本原理方框图

数字稳频技术的基本原理(见图)是：用发射样本信号与接收信号作相关或卷积处理，而后送到动目标信号处理系统，提取运动目标回波信号。在发射期间，对发射样本信号的正交两路信号进行采样，将样本存入移位寄存器内并作为横向滤波器的抽头加权系数。在接收期间，对回波信号连续采样并在横向滤波器中完成与发射样本序列的相关运算(当发射样本为顺序存贮时)或卷积运算(当发射样本为倒序存贮时)，运算结果即为抵消了发射信号中的频率、相位不稳定因素影响后的正交信号分量，再经幅度归一化处理后，即可消除发射信号幅度不稳的影响。 （吴铁平）

leida shuzi boshu xingcheng jishu

雷达数字波束形成技术 (radar digital beam-forming technique) 将雷达从阵列天线各阵元或子阵接收的目标信号进行模拟—数字转换，通过特定的数字处理，在规定空间形成具有不同指向和形状波束的技术。20世纪80年代德国的ELRA相控阵雷达，是最早采用数字波束形成技术的雷达，该技术是现代雷达技术的一个重要发展方向。可控制阵列天线同时对多目标探测和跟踪，亦可自适应地将波束零点对准干扰方向，自动抑制干扰。该技术保存了天线获得的各个阵列信号所包含的全部信息，加上数字处理的灵活性，可获得超出普通阵列天线的性能。

系统组成：包括天线阵列、多通道接收机组件、模数变换器(A/D)、数字波束形成器、波束控制器、校准装置等(见图)。阵列天线的阵列单元对天线口径多个位置上的电磁波进行采样。接收机组件是一个完整的超外差接收机，具有下变频、滤波和把信号放大到A/D变换所需要的量级的各项功能。



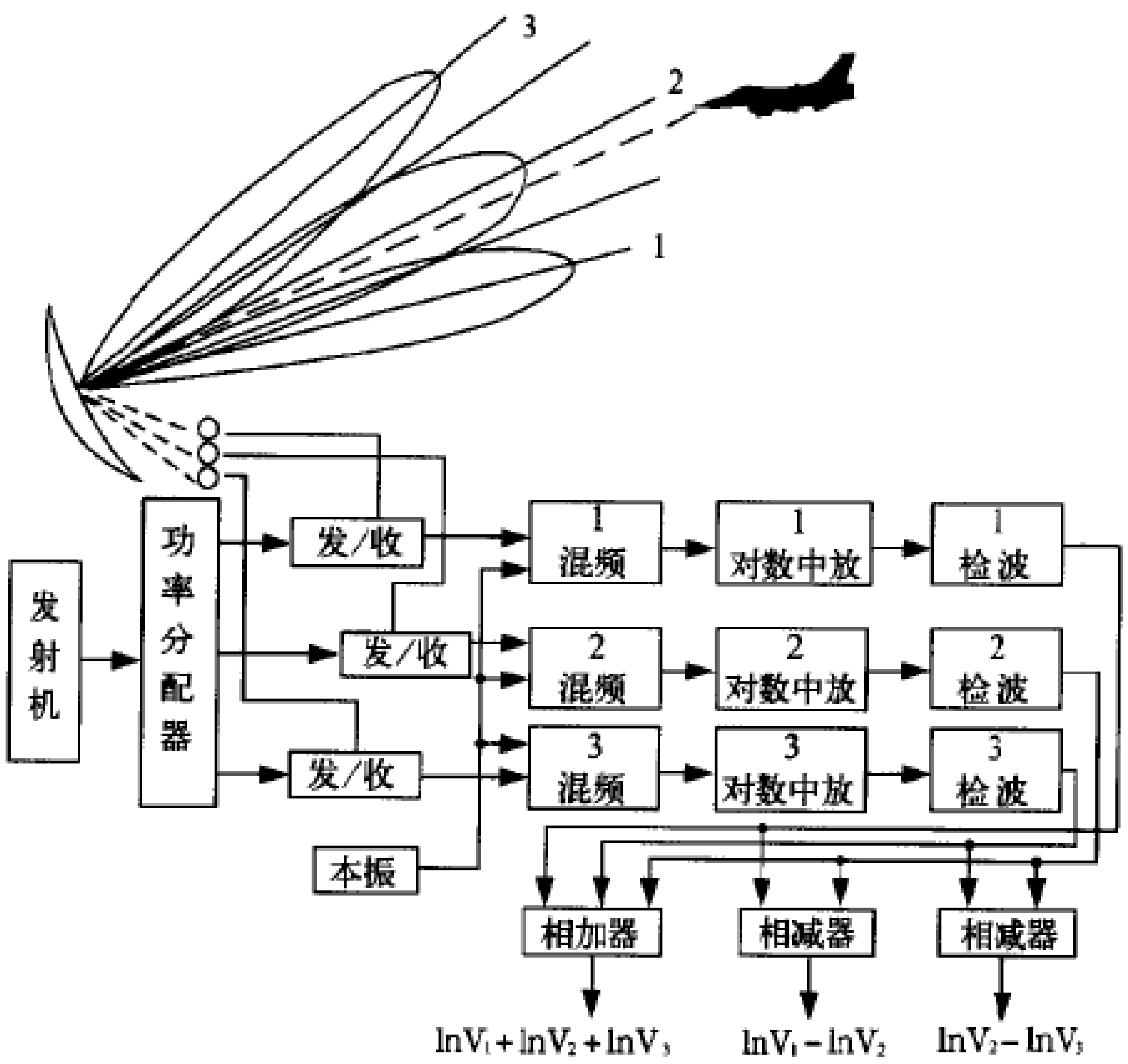
数字波束形成阵列组成方框图

数字波束形成器是一种运算速度非常高的并行处理器，它的功能是实现加权求和运算。数字波束形成的基本原理是：输出波束为加权矢量W_i和信号矢量X_i的矢量点积之和，不同的加权就形成不同的波束。波束控制器的功能是为形成预定波束指向及自适应零点方向产生相应运算要求的加权矢量W_i。数字波束形成要求各接收通道不仅要有足够高的动态范围，而且要有很好的幅相一致性，仅靠硬件来保证是很困难的。校准装置在接收机前端引入一射频测试信号，检测各路的一致性和复信号取样后的正交性，对测出的误差，在波束形成器中乘以校准权矢量，以保证各路信号有严格的幅相一致性。数字波束形成技术系统复杂，且复杂性随信号带宽、阵列单元数、瞬时形成多波束数量的增加而增加。在子阵级上采用数字波束形成技术，可以减少系统的复杂性和成本。 （吴铁平）

leida bifu cegao jishu

雷达比幅测高技术 (radar amplitude comparison height finding technique) 通过比较垂直面内雷达相邻两波束接收

信号的幅度确定目标仰角，求出目标高度的技术。常用于堆积波束三坐标雷达（见图）。发射时，功率分配器将发射机的输出功率按一定比例分配给多个馈源通道，并同相激励所有馈源，使在仰角平面上形成一个覆盖多个波束范围的形状近似为余割平方的合成波束。接收时，目标回波信号分别被相应的馈源所接收，并进入各自的接收通道，经放大、变换、检波后的视频信号分为两路，一路经相加器输出，用来对整个空域的目标进行观察，并测量目标的距离和方位。另一路送相减器，将相邻波束通道的信号进行比较，以测量目标的仰角。由于垂直面内同时存在数个相互在半功率点相交的波束，当某个通道输出信号明显大于相邻通道输出时，目标仰角方向就是该通道对应的波束方向；如果相邻通道输出信号大小差不多，目标处在两波束接合部分，两波束的相交方向为目标仰角方向。为进一步提高仰角测量精度，可在上述波束选择的基础上再采用比较信号法，即把相邻通道的信号经对数放大后相减，根据剩余电压的大小测出目标仰角的精确值。最后根据目标仰角、距离并考虑大气折射影响，计算出目标高度。

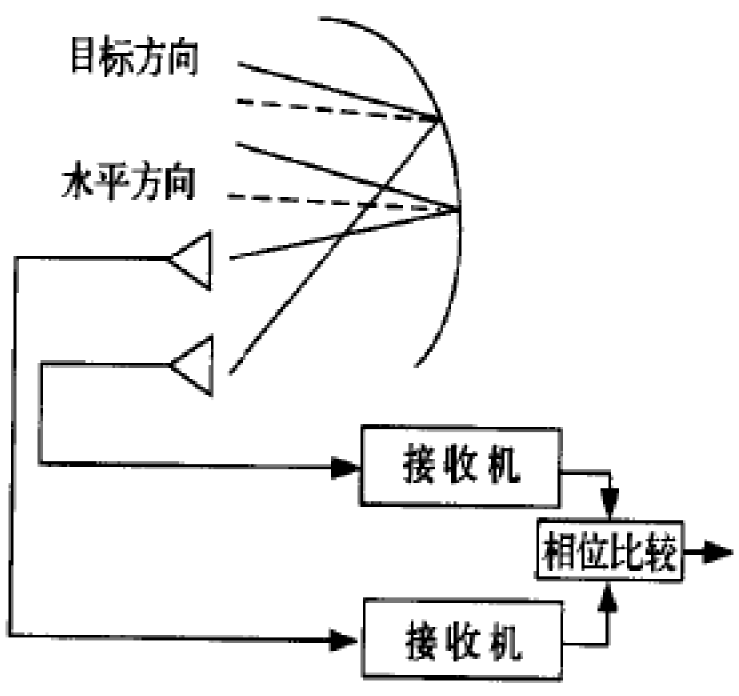


比幅法测高原理示意图

比幅测高的精度，若信噪比为20dB时，测角精度可达波瓣宽度的十分之一左右。比幅测高需要多个天线馈源、收发设备和数据处理设备，且要求各路信号之间有很好的幅度平衡，设备比较复杂，成本较高。（曹炳伦）

leida bixiang cegao jishu

雷达比相测高技术 (radar phase comparison height finding technique) 通过比较垂直面内雷达两相邻波束接收信号的相位确定目标仰角，求出目标高度的技术。方法有双天线比相测高和单天线双波束比相测高。①双天线比相测高，由两个相隔一定距离的天线组成，在垂直面上，两个天线形成的波束形状相同，波束轴（波束最强辐射方向）以一定间隔与天线瞄准轴平行排列。处于远场区的目标，两波束接收到的信号振幅是相同的，当目标处在天线瞄准轴线方向时，两天线接收的回波信号相位也相同，当目标偏离天线瞄准轴线方向时，两天线接收的回波信号由于波程差产生相位差信号，经相位检波器检出与仰角近似成线性关系的角误差信号。由角误差信号就可测得目标仰角。②单天线双波束比相测高，由1个天线反射体，两个馈源喇叭组成（见图）。主馈源为有



单天线双波束比相测高原理方框图

源喇叭，放在反射体焦点处，另一喇叭为无源喇叭，放在反射体偏焦位置，只接收信号。两个喇叭在天线垂直面内产生两个部分重叠的接收波束，上喇叭产生下波束，下喇叭产生上波束。目标回波信号同时被两个喇叭接收，当目标方向与水平方向有夹角时，两喇叭接收的目标回波信号之间存在波程差而使两信号产生相位差，测出相位差就可确定目标仰角。比相测高，通常存在多值问题，要扩大单值测量范围，需采用附加措施。

20世纪60～70年代，美国、日本及中国都曾进行了比相测高试验，并研制出了样机。采用宽波束发射，多个天线波束接收，通过比较目标的相位来确定目标的仰角。80年代，英国在AR－325和AR－327一维相扫三坐标雷达上采用了比相测高技术，测高误差在目标距离220千米处约800米。（曹炳伦）

leida chaojiao fenbian jishu

雷达超角分辨技术 (radar super angular resolution technique) 采用空域阵列信号处理技术获得高于雷达天线物理尺寸波长所形成的瑞利限波束宽度的角分辨力的技术。亦可应用于电子对抗、声呐、地震勘测、射电天文等领域。

传统的角分辨力取决于天线的波束宽度，受瑞利限的制约，角分辨力不能超过半功率点波束宽度。而采用超角分辨技术，其角度分辨力可达波束宽度的几分之一到十几分之一。超角分辨技术是一种非线性的处理方法，依赖于对目标的模型假设。如假设很精确，只要目标满足这种假设，则可得到很高的分辨力；反之，会导致分辨力的下降。

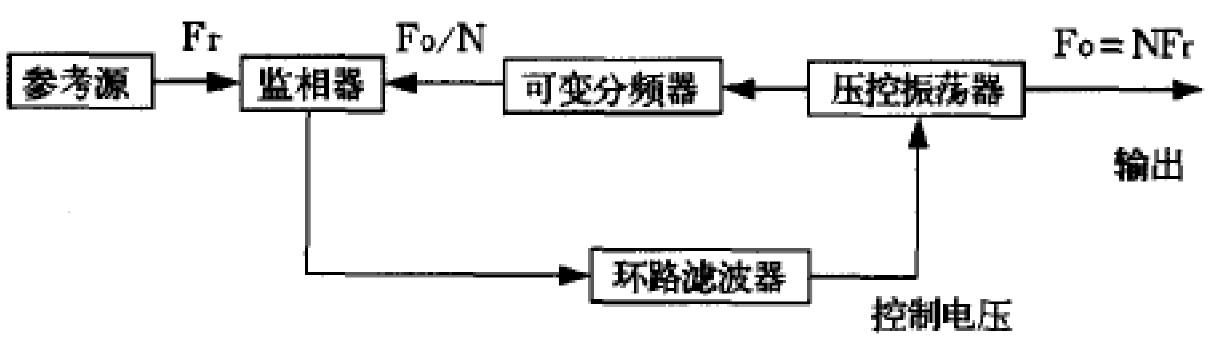
典型的超角分辨技术有3类：①自适应孔径法，其中主要有最小方差最大似然法，多副瓣对消法等。②模型参数法，如最大熵/线性预测法，参量目标模型拟合法等。③信号子空间投影法，如多信号分类法等。还有去卷积法、辅助天线函数相乘法等。这些方法和技术的研究，对米波雷达超角分辨、无源三角定位、低仰角跟踪、干扰对消等方面具有重要意义。

（吴铁平）

leida pinlü hecheng jishu

雷达频率合成技术 (radar frequency synthesis technique) 雷达中采用单个或多个高稳定度频率参考源，产生与其稳定度相同或接近的多个新频率的技术。根据组成原理主要分为直接频率合成和间接频率合成。①直接频率合成。用一个或多个高稳定频率源的输出信号，通过

混频器、倍频器和分频器实现频率间的加、减、乘、除来产生新频率，靠滤波器选择使得信号纯净。直接频率合成器的转换时间短，频率稳定度高，但设备量大、结构复杂、成本高。由相位累加器、相位幅度转换器和D/A变换器组成的数字式直接频率合成器（DDS），频率转换速度快，利用计算机技术，转换时间可小到1纳秒。②间接频率合成。采用锁相环使压控振荡器（VCO）的频率锁定在高稳定的参考源频率上，从而获得多个稳定频率。又称锁相式频率合成。数字锁相式频率合成器由压控振荡器、鉴相器、可变分频器和环路滤波器组成（见图）。压控振荡器的输出信号经可变分频器分频后在鉴相器内与参考信号进行比相，当压控振荡器发生频率漂移时，鉴相器输出的控制电压随之变化，经过滤波处理后控制压控振荡器的频率始终锁定在N倍的参考频率上。改变可变分频器的分频比，便可改变频率合成器的输出频率。在实用中为了提高分辨率，间接式频率合成器常采用多个锁相环。间接频率合成器具有体积小、成本低、相位噪声小等特点，但频率转换时间长，通常是微秒量级。



数字锁相式频率合成器原理方框图

20世纪50年代以前，采用多电子管振荡器直接实现频率合成，以后发展成用一个高稳定参考源来合成多个频率。50年代出现了间接频率合成技术，在使用频段上，直到50年代中期仍局限于短波范围。60年代中期，数字锁相式频率合成器问世。60年代后期，全晶体管化的微波频率合成技术应用于电子设备。随着大规模集成电路的发展，新的全数字化频率合成技术得到了实现。80年代频率合成技术进入毫米波范围，频率合成技术除广泛应用于雷达外，还应用于通信、导航和测量等设备。 （潘 健）

leida jihua fenji jishu

雷达极化分集技术 (radar polarization-diversity technique) 利用目标和环境的极化特性，改变雷达发射和(或)接收设备的极化状态，并对不同极化回波进行综合处理的技术。20世纪50年代开始在部分雷达上试验和应用，可提高雷达的目标探测、识别和抗干扰能力。

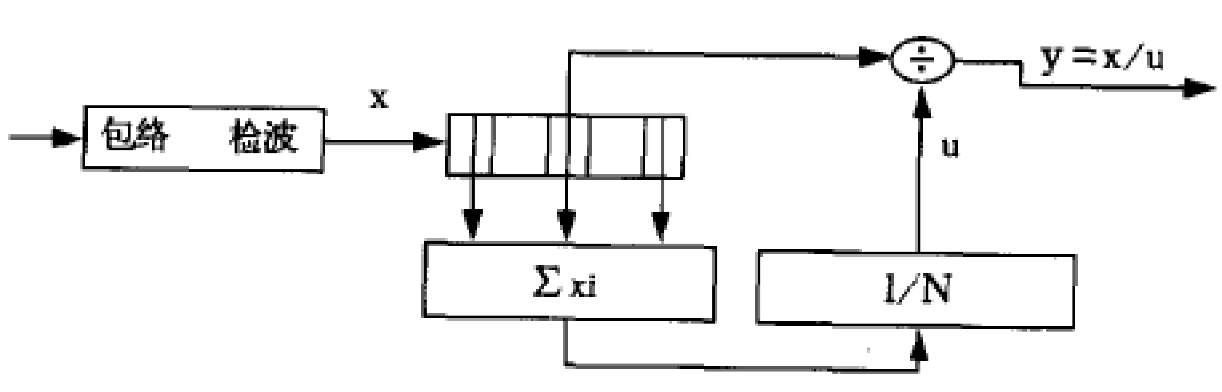
雷达发射的电磁波的极化状态是由发射天线的结构决定的。目标散射回波的极化状态由入射到目标上的电磁波极化状态和目标的去极化特性共同决定。相对于雷达具有特定姿态的目标具有特定的去极化特性。因而到达雷达的回波的极化状态是随着发射电磁波的极化状态和目标及其姿态而变化的。雷达接收天线只能收进回波中与接收天线极化匹配的分量。提高雷达效能可采用以下两类技术：①极化增强技术。针对不同目标及其特定姿态，按目标本身的“同极化最大特征极化”来发射和接收，可获得目标的最强回波。特定姿态目标的“同极化最大特征极化”可通过如下方法获取：先后发射两种极化正交的电磁波，对目标的正交极化回波进行幅度和相位分析，获得该目标的极化散射矩阵，从中计算得出。对处于地(海、箔条)杂波背景内的目标，根据目标和杂波的不同极化特性，适当选择雷达发射的极化状态，可获得高的目标信杂比；再计算此时的杂波平均极化状态，按与其正交的极化状态接收，使目标的信杂比达到最佳。②极化检测技术。对于作为随机变量的目标回波和背景地(海、箔条)杂波，利用它们不同的极化特性，选择适当的检测准则和算法来处理，使具有一定信杂比的目标获得最佳或次佳的检测概率。此外，还有一种极化捷变技术，是在脉冲与脉冲之间大范围快速改变发射和接收的极化状态。对快起伏目标能降低相继收到的回波的相关性，提高检测概率。

为提高雷达的目标识别能力，须建立不同目标的极化特征库，用对比的方法识别目标。为提高雷达的抗干扰能力，须测出干扰电波的极化状态，将雷达接收的极化状态调整为与干扰正交，使干扰得到抑制。 （王被德）

leida hengxu jinglü chuli jishu

雷达恒虚警率处理技术 (radar constant false-alarm rate processing technique) 在噪声和外界干扰强度变化时保持雷达检测虚警率恒定的技术。雷达在实际工作中，接收机内部噪声电平变化可达几分贝，地杂波、气象杂波和海杂波的变化可高达数十分贝。在强度变化的杂波背景中，采取恒虚警率(CFAR)处理，可使雷达杂波电平维持恒定，目标信号检测可靠。在杂波干扰情况下，应用恒虚警率处理会带来一定的检测损失。恒虚警率处理主要有自适应门限法、非线性接收法和非参量型检测3类方法。

自适应门限法 ①慢门限恒虚警率处理。一种对接收机内部噪声电平进行恒虚警率处理的电路。内部噪声由于温度、电源等因素而改变，它的变化是缓慢的。噪声环境恒虚警率处理可采用类似接收机自动增益控制电路的办法。雷达在工作时，接收机输出除噪声外还有目标信号和地物杂波干扰等，对噪声的取样应在休止期（接近于纯噪声区）内进行。将噪声取样值检波后送低通滤波器平滑，平滑后的电压送去控制中放增益，使得噪声电平恒定，达到恒虚警率的目的。②快门限恒虚警率处理。雷达工作时的杂波干扰具有不同的特性，各方向的杂波强度也不相同，有时差别很大。对这类杂波的恒虚警率处理应采用快门限，并根据不同的情况采取与之相应的处理。在脉冲雷达中，地物、海浪和雨雪等分布杂波可以看作很多独立照射单元回波的叠加，因而杂波包络的分布接近瑞利分布。这样分布的特性和噪声相类似，得到恒虚警率的途径也相同，就是要求得到瑞利分布的平均值估值，然后用它对输出归一化。假设杂波分布是



邻近单元平均恒虚警率电路方框图

若干个未知参数的函数，用被测单元前后的若干单元（称为邻近单元）中的数据估计出参数用以确定维持虚警率不变所需要的门限值。实际工作时根据输入杂波强度的变化自动来调整门限以达到虚警率恒定的要求。这类方法常用的是邻近单元平均法（邻近单元平均恒虚警率电路，见图），就是将若干邻近单元杂波数据的平均值当作检测门限，得到恒虚警率的效果。

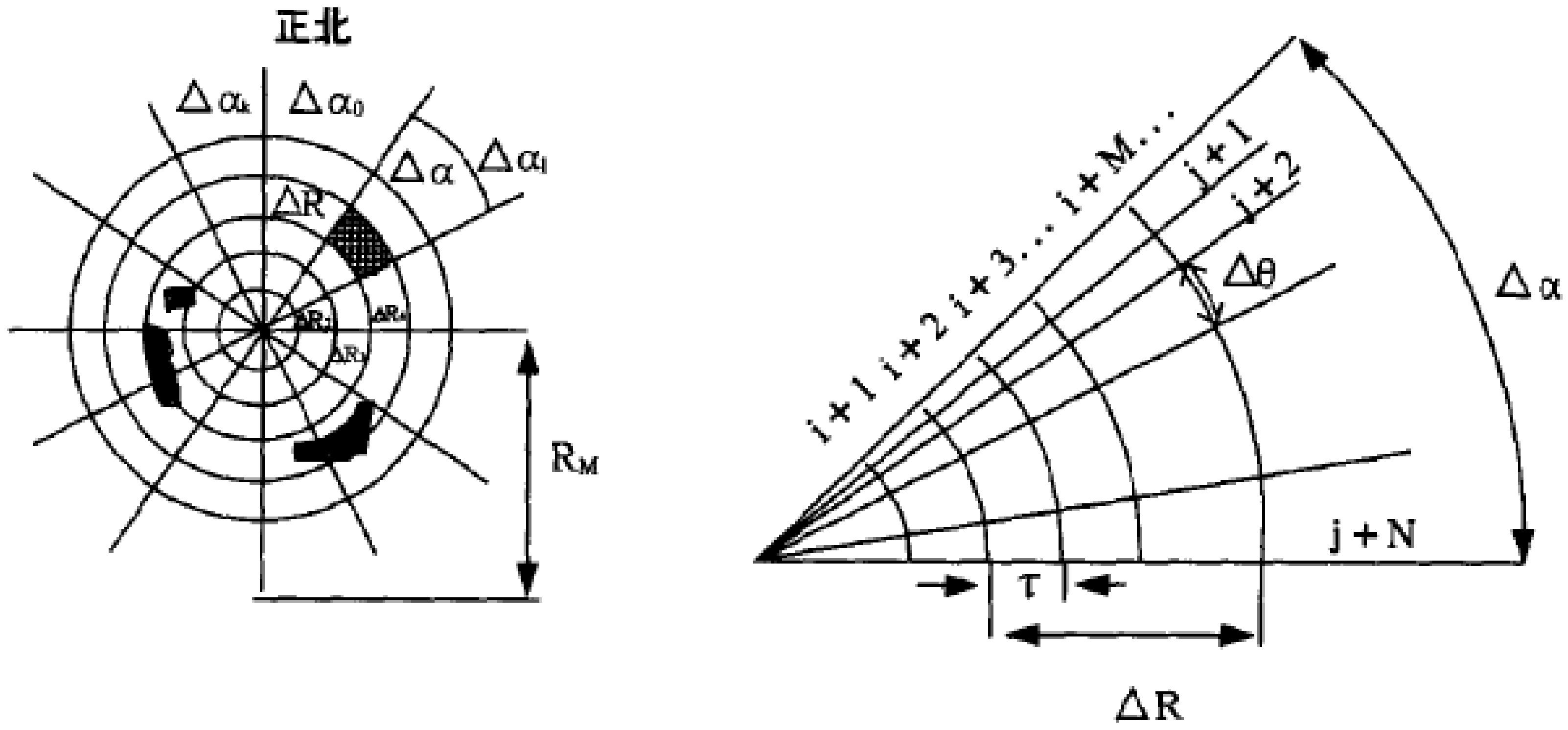
非线性接收法　利用接收机幅度特性的非线性，使接收增益随输入噪声背景电平变化，使得输出起伏的均方根值不变，从而维持恒定的虚警率。这类方法有许多种，常用的是对数—快时间常数电路。如果平均值的变化比较缓慢，可以用高通滤波器把缓慢的平均值滤掉，只剩下不随强度变化的起伏方差，达到恒虚警率。

非参量型检测　对于分布规律未知的杂波环境（例如地面和海面交界处），用参量处理就达不到恒虚警率的目的，应采用与杂波干扰分布无关的恒虚警率处理方法，这种处理称为非参量方法。非参量方法是以数理统计为基础的一种方法，应用于多种分布的杂波环境。通过对大量杂波取样和信号加噪声取样之间的比较，统计确定目标是否存在，并保证恒虚警率与杂波分布无关。非参量方法的固有缺点是处理时要求雷达回波脉冲的数目较多（一般要大于15），而且恒虚警率处理损失较大。

（潘　健）

leida zabotu kongzhi jishu

雷达杂波图控制技术　(radar clutter map control technique)　通过记录、存储、建立杂波强度分布图，对杂波信号进行处理，以减小杂波干扰，提高雷达对目标探测能力的技术。建立雷达杂波图是将雷达的探测区域按不同的要求划分成许多杂波单元（见图），杂波单元可以等于雷达分辨单元，但大多数情况下杂波单元大于雷达分辨单元，这主要是因为杂波一般都有成片分布特性。如果雷达距离分辨单元对应时间为τ，相邻雷达重复周期对应$\Delta\theta$的方位角，每个杂波单元距离尺寸和方位角度分别取$\Delta R=M\tau$和$\Delta\alpha=N\Delta\theta$，则一个单元杂波的平均值为$M\times N$个采样输入的二维平均。每个杂波单元



二维杂波单元方位—距离划分示意图

的平均值写入对应杂波图存储器单元中，天线扫描数周，就形成了一幅完整的杂波图。天线扫描周期间的杂波图积累又称杂波图更新。

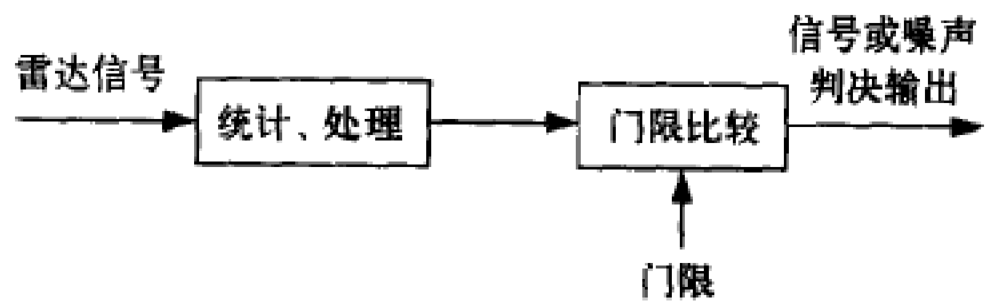
雷达杂波图按建立与更新的方式可分为静态杂波图和动态杂波图。①静态杂波图。背景杂波图信息一次性固化在存储器中，而不能动态改变的一种相对简单杂波图。当雷达转移阵地时可根据实际阵地情况进行重新建立与安装。适用于杂波背景起伏变化不明显的场合。主要用作信号处理开关，如控制在杂波区进行动目标显示处理，在非杂波区不进行动目标显示处理，减小目标信号损失。有时也用此开关来控制接收机的增益等。②动态杂波图。一种能够不断进行自动修正和更新的杂波图。除了能完成静态杂波图的功能外，还能完成一些其他的信号处理功能，例如，时间单元恒虚警率处理是以一次天线扫描周期作为一个单元，采用单回路反馈积累的办法，将新接收的数据乘以（1−K）和原存储单元的数据乘以K后相加作为新的存储值，多次天线扫描得到杂波的平均值估值（通常取K=7/8），然后将新接收到的数据减去存储值，就得到了恒虚警率处理输出（动态杂波图对消输出），可有效抑制固定杂波。

20世纪50～60年代，雷达杂波图控制技术开始应用于动目标显示和动目标检测系统，在动目标检测系统中提出应用杂波图技术解决目标盲速问题。随着数字信号处理理论的发展和超大规模集成电路的出现，雷达杂波图控制技术日趋成熟，应用领域更加广泛。

（潘　健）

leida xinhao jiance jishu

雷达信号检测技术　(radar signal detection technique)　采用数理统计处理的方法判定雷达接收到的信号中有无目标存在的技术。是在有噪声、地物杂波、气象杂波和其他干扰存在的环境下，解决如何发现目标的方法。在检测过程中根据不同的需要，可采用不同的检测准则来实现。在噪声背景中发现信号的检测系统，从原理上可划分成两个部分（见图）：①对接收到的可能含有目标的回波



自动检测器的一般形式方框图

信号进行处理，获得统计量。这种处理可以是线性的，也可以是非线性的。②将所得统计量与一个门限电平相比较，按其大于还是小于门限电平来作出有无目标的判断。这个门限可以是不变的，也可以是随信号性质而自动调整的。还有一种采用两个门限的序列检测法，当统计量大于上门限时，判为有目标；当统计量小于下门限时，判为无目标；而当统计量处于两门限之间时，增加信号持续观察时间以获得新的统计量进行判决。

在实际应用中，通常使用6种检测方法：①指向累计检测。天线波束在某一指向位置时，对同一回波进行数字积累，以判决是否是目标。②滑窗检测。在有限观察时间内（如N个重复周期）计算信号超过第一门限的数目并和第二门限比较，以判断目标是否存在，每做一次判断后，观察范围N就顺序往后移动一

个重复周期再继续判断，以此类推。小滑窗检测是滑窗宽度小于半功率点波束宽度内脉冲数的滑窗检测。③固定采样检测。这种检测需要固定的预定观察数（采样次数）使雷达可得到最佳特性，但困难的是要严格预定采样次数和已知噪声、信号的统计分布，否则会严重影响性能。④序列检测。所用的采样次数事先不固定，而是随被观察的数据随机变化。⑤自由分布检测。是一种适用于各种噪声或杂波分布的恒虚警率检测，这种检测对噪声和信号的统计特性不敏感。⑥自适应检测。依靠内部参数的变化使检测器对输入产生响应，从而把某些性能保持在所要求的水平上。

（潘　健）

leida xinhao luqu jishu

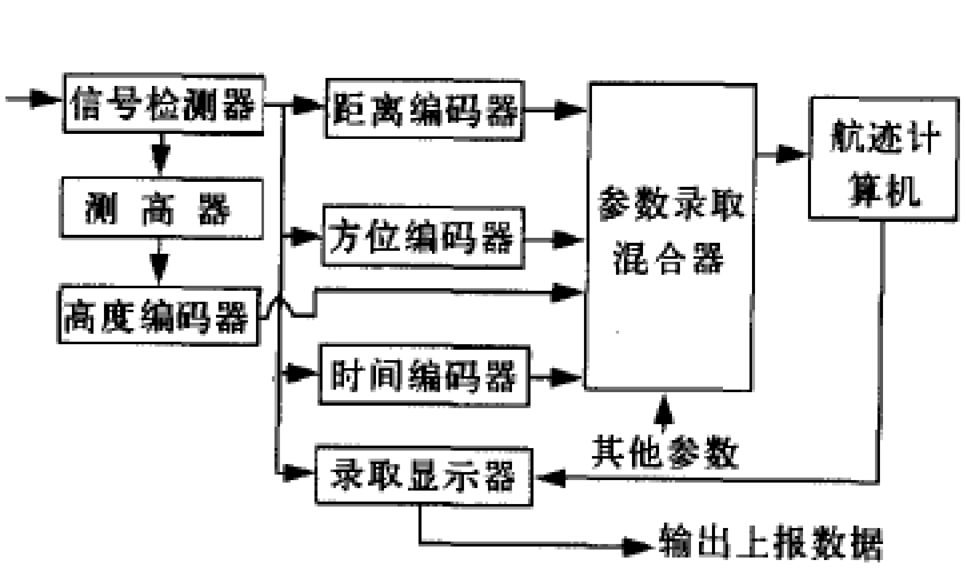
雷达信号录取技术 (radar signal extraction technique)　对雷达检测器输出的目标点迹信号进行坐标及其他信息参数估值处理的技术。雷达信号录取主要分为人工、手动、半自动和自动录取4类。

人工录取　雷达操纵员利用显示器上的原始回波图像，人工进行观察，口报目标的坐标及其他参数。

手动录取　由人工通过观察录取显示设备画面来发现目标，操纵录取显示设备的录取光标或光笔，对准待录取的目标进行录取。录取显示设备中的坐标编码器可把目标的坐标记录下来，并显示录取的目标参数。手动录取要比人工录取精度高、速度快，在一个天线方位扫描周期内，可录取十余批目标。

半自动录取　又称波门录取，先由人工确定录取目标的首点坐标，计算机以目标首点坐标产生录取波门，在录取波门内对目标进行自动录取。录取波门的坐标随运动目标的坐标变化而改变。

自动录取　在整个录取过程中，从发现目标到各个参数的测定以及目标的跟踪，都是由自动录取设备（见图）自动完成的。信号检测器能在雷达全部搜索空域对信号进行是否有目标的判断检测。当判断有目标时，检测器自动送出发现目标信号，根据这个信号，利用各参数编码器录取目标的坐标数据。录取设备是在多目标的条件下工作的，距离、方位和高度编码器提供雷达整个工作范围内的距离、方位和高度数据，由检测器来控制不同目标的坐标录取时间。参数录取混合器是将录取的目标参数有次序地送往航迹计算机进行航迹相关处理，处理后的数据送录取显示器显示。有时杂波剩余很大，在强杂波环境中无法进行自动录取，这种情况只能实现区域自动录取。自动录取设备的优点是录取容量大、速度快、精度高，在一个天线方位扫描周期内，通常可录取数百批目标。



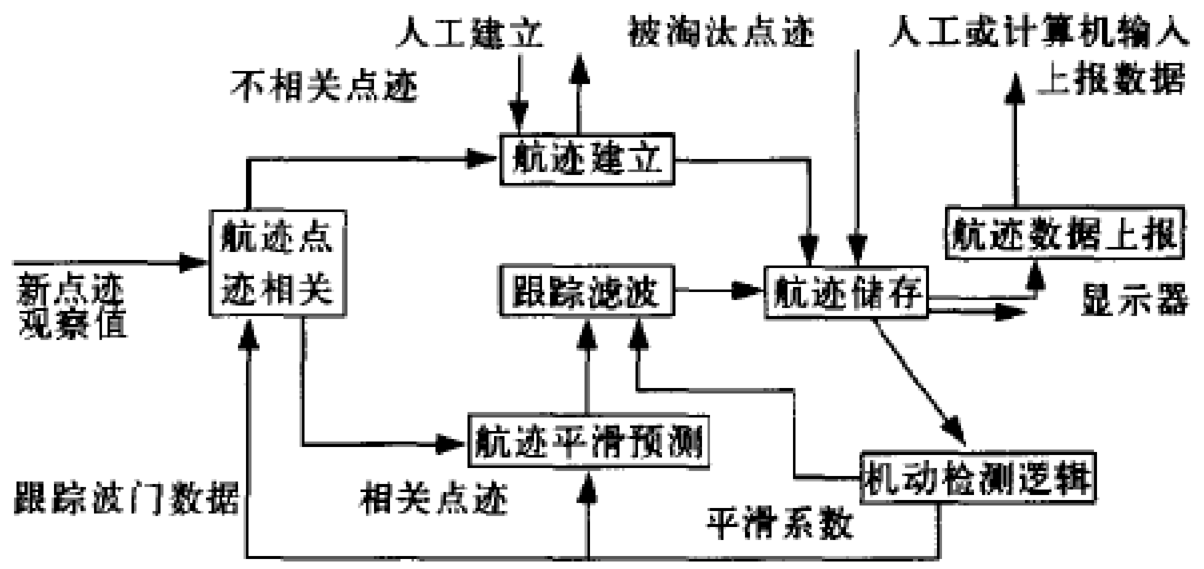
自动录取设备方框图

20世纪50年代之前，雷达信号录取工作由人工完成。随着计算机技术的迅速发展，录取技术也不断发展，进入80年代，雷达信号录取方式由半自动和自动录取逐步取代人工和手动录取。

（潘　健）

leida shuju chuli jishu

雷达数据处理技术 (radar data processing technique)　将雷达录取的点迹数据利用参数估值方法估计目标的位置、速度、加速度等参数，并依此进行目标航迹处理的技术。主要包括航迹建立、航迹点迹相关、航迹平滑和预测、跟踪滤波、机动检测逻辑、航迹数据上报6个部分（见图）。①航迹建立。首先清除杂波的干扰点迹和噪声的虚假点迹，再利用相关逻辑可以分离出原目标的点迹。对剩余的点迹，先预测其在下次扫描时的目标位置，并围绕这一预测位置建立一定的相关区，再验证是否确有新的相关点迹存在。若在多次扫描中，有一定数目的点迹落入相应的相关区中，则记为一个新的稳定航迹。否则，作为虚假点迹抛去。②航迹点迹相关。目标在不断运动，因而需要相应更新每条航迹的数据，以实现对目标的跟踪。为此，必须把新提取的点迹与已有的航迹不断地进行相关处理，来确认新点迹是哪批目标航迹数据。③航迹平滑和预测。点迹与航迹相关之后就作为航迹新的测量数据送入跟踪滤波器，进行实时的平滑和预测。④跟踪滤波器。是雷达数据处理系统的核心。根据雷达测量值实时估计当前的目标位置、速度等运动参数并推算出下一次观察时目标位置的预报值。常用的跟踪滤波器有α－β滤波器、卡尔曼滤波器和维纳滤波器，可根据拥有的计算资源、被处理的目标数、目标的动态特性、雷达参数和处理系统的精度要求等条件选用。⑤机动检测逻辑。用以确定目标机动状况。根据机动值的大小，自动地调节跟踪滤波器的参数，使滤波器适应目标的运动规律。⑥航迹数据上报。处理后的目标航迹数据通过特定的接口和协议，传送到上级指挥部门进行情报数据综合。



航迹处理功能方框图

早期雷达是由操纵员从显示器上判定目标的存在，并逐次报出目标的位置。标图员根据报告的目标数据进行标图，并把图上的目标位置点顺序连接，形成目标航迹。现代雷达系统的航迹主要由计算机来完成。随着计算机技术的迅速发展和超大规模集成电路的应用，雷达数据处理技术将朝高度集成化、智能化方向发展。

（潘　健）

duo leida shuju ronghe jishu

多雷达数据融合技术 (multi-radar data fusion technique)　对多部雷达获取的数据信息进行检测、联合、相关、估计和归并处理的技术。目的是改善对雷达发现目标的位置估计、特征识别，实现完整

准确的实时态势评估和趋势预测。主要由多传感器配准，数据预处理，数据关联，机动目标跟踪，航迹起始、维持和终止以及多雷达多目标跟踪等关键环节组成。不同雷达的探测能力、探测的目标信息不同和探测准确度不同，运动目标反射特性的方向特征，杂波和有源干扰的存在，是多雷达数据融合获益的物理基础。通过数据融合处理，能够提高测量目标的精度、航迹连续性和雷达探测空域的补盲能力，增强雷达网的抗干扰和目标识别能力。20世纪70年代末，随着雷达信息处理和指挥自动化系统的发展，正式提出数据融合技术的概念，80年代后随着信号处理、统计学、人工智能和信息处理理论及高性能、低成本微处理器技术的发展，多雷达数据融合技术已成为电子信息系统的核心技术之一。

（陈志杰）

leida xianshi jishu

雷达显示技术 (radar display technique) 显示雷达探测目标的视觉信息的技术。根据操纵、观察人员的心理和生理特点，采用适当的方法改变光的强弱、颜色和其他特征，显示不同形式、一维或二维、单色或彩色的视觉信息。表现形式一般为字符、表格、图形和图像。包括显示设备和显示处理技术。

雷达显示设备由显示器件和有关电路组成。按坐标形式分为：只显示距离的距离显示器（A显、J显）；极坐标形式的平面位置显示器(PPI显)；直角坐标形式的距离—方位显示器（B显）、距离—高度显示器（RHI显）；或上述几种形式的变形。按信号显示的调制方式，分为幅度调制和亮度调制两种。按信息被处理的程度，可分为只显示原始雷达视频或者经过处理的雷达视频图像的一次显示和既显示雷达视频图像，又能显示插入的各种数据、标记或符号、地图背景的二次显示等。阴极射线管（CRT）显示器具有控制方便，响应速度快；容易显示灰度层次和彩色，显示质量高；容易得到所需的分辨率、画面尺寸、亮度以及成本较低等特点。20世纪末发展起来的等离子体显示（PDP）和液晶显示（LCD）技术已趋成熟，产品性能已达到甚至超过CRT。PDP具有环境性能优异、易于制作大屏幕等优点；LCD分辨率高、寿命长、功耗较低，正在得到广泛应用。显示处理技术是由硬件电路与显示软件配合，完成接口缓冲、定时、整机控制、坐标变换和对图像、图形、文字等的处理，如数据的插入和删除，图像的更改、旋转、变换以及其他各种数据的控制。

随着LCD 、PDP等新型器件的应用和计算机显示技术的改进，雷达显示技术正朝数字化、彩色化、高亮度化、平板阵列化和固态化方向发展。

（甘朝鹤）

leida fangzhen jishu

雷达仿真技术 (radar simulation technique) 利用相似原理和计算机技术，对雷达的实际或假想系统进行动态模拟，以推断真实系统性能的技术。具有经济、安全、灵活、可控、可重复、不受外界条件和空域场地限制、比实际系统试验容易获得所需数据等特点。

主要内容 雷达仿真通常包括问题描述、建立仿真模型、收集数据、仿真模型的确认、仿真程序的编制和验证、仿真模型的运行、仿真结果的统计分析等主要内容。其中建模和模型校验问题是雷达仿真技术的核心和关键问题。

基本目的 给出一个计算机设计工具，帮助雷达工程师进行综合和参数优化，利用计算机和专用的软件，建立雷达各子系统的仿真程序模块，将这些程序模块连接起来，构成雷达系统的仿真模型，在计算机上复现雷达系统的动态工作过程。

应用范围 ①新雷达装备论证。包括装备需求分析、战技指标论证、技术方案评估、分系统指标与总体性能指标综合研究、结构方案优选和雷达可靠性、维修性、保障性论证等。②雷达系统研制。包括用户需求分析、雷达工作环境分析、雷达总体设计、总体方案与系统指标的确定、各分系统技术性能指标的分配，各分系统之间界面的划分、分系统调试及系统整架调试、雷达检飞等。③雷达作战使用研究。包括雷达编制配置结构方案优选、雷达作战效能评估、雷达组网仿真研究、雷达目标及环境特性研究、雷达抗干扰性能研究等。④现役雷达改造与使用研究。包括改进方案拟定与作战使用研究等。

简史 雷达仿真技术始于20世纪60年代，70年代得到普遍应用。1970年美国罗姆空间发展中心开始研制旨在对地面监视雷达信号处理器设计进行精确仿真的雷达仿真模型，并逐步演化成交互式雷达仿真系统。从1977年开始，罗姆空间发展中心又开发了一种辅助设计和评价多种大口径天线的计算机程序，即参数天线分析系统。将参数天线分析系统与交互式雷达仿真系统相结合，构成了一个综合性更强的模型(交互式雷达环境仿真模型)。它能用于评价大多数应用范围内的地面、空基、舰载等雷达系统。

发展趋势 在应用方面，从工程应用发展到非工程应用，从局部阶段发展到全寿命周期仿真；在技术上，研究发展分布式交互仿真，通用和并行/分布高性能仿真计算机，一体化智能化仿真环境，面向对象的建模与仿真技术，灵境技术及其应用等。（沈 齐）

leida mubiao shibie jishu

雷达目标识别技术 (radar target identification technique) 根据雷达回波信息，对目标的性质作出判别的技术。用于识别飞行器、舰船、车辆等目标的真伪、类型、数量和型别。还可识别气象目标、地下目标，以及目标敌我属性等。早期的雷达目标识别是依靠操作人员的经验，根据目标回波的形状和动态，人为判定目标的性质。这种方法误差大、不可靠。现代雷达目标识别的方法分为特征识别法和成像识别法两大类。

特征识别法 从目标回波中提取其时域特征(如波形及其变化动态)、频域特征(如多普勒频移谱线、频率响应中的极点即谐振频率)或极化域特征(如极化散射矩阵诸元素)，经过必要的变换运算后，与事先建立的不同性质目标样本特征库进行相关和对比，由计算机系统(包括人工神经网络)按一定的模式识别准则作出目标性质的判别。所提取的特征愈具有特异性，特征的维数愈多，识别的正确率愈高。特征识别法的困难在于，除极点和引擎转速调制谱线等少数特征外，其他特征一般都与目标相对于雷达的姿态角密切相关，给识别姿态千差万别的目标带来复杂性。为提取目标特征，雷达须具有高速实时的信号处理能力，并最好具有变换波形、频率和极化状态等参数的能力。这类方法的研究始于20世纪50年

代末期，已能识别形状简单的目标，主要应用于空间目标的识别。

成像识别法　在目标或雷达运动的条件下，运用合成孔径雷达技术或逆合成孔径雷达技术对目标进行成像处理，形成与目标形状相似的图像，由操作人员或计算机按与光学图像判读相似的方法作出目标性质的判别。为进行高质量成像，雷达须有宽的频带和工作频率的高度稳定性。实时成像要求计算机有大容量和高速度。采用多频段、多极化等措施后，成像质量进一步提高。这类方法伴随合成孔径雷达技术从20世纪60年代快速发展起来。已能从空中获得分辨力达1米以下的地面目标图像，较准确地识别地面目标，以及从地面获得相应的空中、海上或空间目标图像，对它们进行初步识别。

未来雷达目标识别技术主要发展方向是：提高雷达的距离和角度分辨力；创新信号相干处理技术；开展目标新特征的提取和成像新算法的研究等。

（王被德）

jihua duikang jishu

极化对抗技术　(polarization counter technique)　利用电磁波和天线的极化特性进行电子对抗的相关技术。目的是提高对信息装备(通信、雷达等)的干扰或反干扰效果。分为极化干扰技术和极化反干扰技术。

极化干扰技术　早期的地面或机(舰)载干扰机采用单一极化的天线，对不同极化状态的信息接收设备干扰效果有时很差。20世纪60年代后，有的干扰机改为施放圆极化干扰电磁波，能同时干扰接收天线为多种极化的信息装备，但效果不等，且对方能采用变极化技术反去干扰。70年代有的干扰设备在同一频段采用两部发射机和天线，发射互不相干的正交极化电磁波，使对方采用极化反干扰技术的效果下降。90年代出现能测量并跟踪通信设备电磁波极化状态的干扰机，进一步增强通信干扰效果。由于无法知道对方雷达接收天线处的目标回波极化状态，极化跟踪对雷达是低效的。

极化反干扰技术　测出干扰电磁波(包括对雷达的消极干扰，即箔条回波)的极化状态，改变被干扰信息装备中接收设备的极化状态，使与干扰电磁波极化相正交，减轻干扰效果，称为极化滤波。使用辅助极化正交天线进行反干扰，称为极化对消。若干扰波极化有变化，则采用多凹口极化滤波器，或单凹口自适应极化滤波器。当雷达在干扰条件下观测目标时，可同时相应改变发射设备的电波极化状态，保持目标回波较高的信干比。当干扰极化状态改变时，相应改变装备的接收极化状态，保持较好的反干扰效果。当遭受两部同频段非相干干扰机干扰时，仍可适当选择设备的接收极化状态，尽可能降低干扰效果。

（王被德）

"Shaochuan" jishu

"烧穿"技术　(burnthrough technique)　雷达集中能量照射目标并压制积极干扰，增大探测距离的技术。是对付噪声干扰的非常重要的抗干扰措施。所谓"烧穿"是从雷达与干扰设备产生有效辐射功率的相对能力不同提出来的，就是通过增加干扰机方向的雷达能量在尽远的距离上使目标回波功率超过干扰噪声。

对于某一距离带有干扰的目标，雷达以正常工作方式无法探测到，当雷达在该方向集中能量工作时，就会将干扰"烧穿"而发现目标。对自卫干扰目标的"烧穿"距离是与干扰的有效功率谱密度的平方根成反比，而对远距离干扰掩护情况的"烧穿"距离则与四次方根成反比，探测这两种干扰背景中的目标，利用"烧穿"技术抗干扰的效果不同。

实现"烧穿"工作方式，可采用改变雷达的发射功率、脉冲宽度、脉冲重复频率、天线增益和波束宽度以及波束对目标的照射时间等来增加雷达照射目标的能量。对圆周扫描的雷达，在受干扰时可使雷达天线降低转速或停止转动，以增加波束在目标上的驻留时间。对相控阵雷达，利用相控波束的灵活性在所需的探测方向形成高增益的窄波束并增加驻留时间，可在许多方向上同时实现集中能量照射的"烧穿"方式。

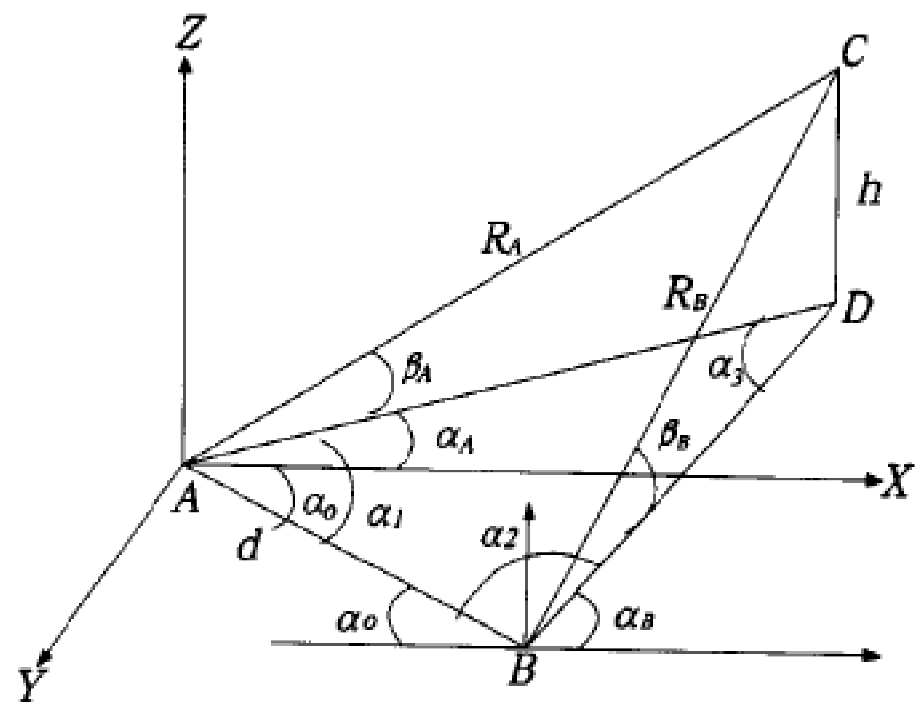
此外，在没有干扰的情况下，利用"烧穿"技术方法可增大雷达探测距离。

"烧穿"方式是在威胁方向上增加能量的一种工作方式，通常增大给定方向上的能量就意味着有另外一些空间没有分配到足够的能量，只有在允许减小搜索空域或降低数据率的情况下才能使用。"烧穿"技术高的有效辐射功率还会使雷达更易受到敌方侦察设备和反辐射导弹的截获和定位。

（甘朝鹤）

leida jiaocha dingwei jishu

雷达交叉定位技术　(radar cross location technique)　利用两站或多站雷达分别对目标进行测向，以确定目标位置的技术。亦称雷达测向定位技术。在雷达不发射或受强干扰无法正常工作时，利用目标本身的辐射（如电子干扰、无线电信号等）对其定位(见图)。这种方法不仅



两站交叉定位原理示意图

可以实现对目标的精确定位，而且可以使雷达完全寂静地工作，对于提高系统在电子战环境下的生存能力具有重要的作用，是雷达反侦察、抗干扰和抗摧毁的有效手段之一。

假定两雷达站A和B的距离为d，利用雷达对目标C测得的方位角α_A、α_B、α_o，仰角β_A、β_B根据正弦定理求得：

$$R_A=\frac{R_{AD}}{\cos\beta_A}=\frac{d\sin(\alpha_B+\alpha_o)}{\cos\beta_A\sin(\alpha_B-\alpha_A)}$$

$$R_B=\frac{R_{BD}}{\cos\beta_B}=\frac{d\sin(\alpha_A+\alpha_o)}{\cos\beta_A\sin(\alpha_B-\alpha_A)}$$

$$h=R_A\sin\beta_A=\frac{d\sin(\alpha_B+\alpha_o)\sin\beta_A}{\sin(\alpha_B-\alpha_A)\cos\beta_A}=\frac{d\sin(\alpha_B+\alpha_o)}{\sin(\alpha_B-\alpha_A)}\cdot tg\beta_A$$

交叉定位的精度决定于各站测向精度，由于各站测向误差，使各站对同一目标所测得的方位线交点偏离真实目标位

置，而是在一个区域内交汇。这个区域越小，则定位精度越高。目标定位精度与各站测向精度、目标机动性、雷达站的数量和目标远近有关。测向精度高，则定位精度高，对于同样测向误差，目标越远，定位误差越大。当在空间有多个干扰源时，两站定位会产生虚假交汇点，可通过多站定位和采用具有锐方向性接收天线来解决。交叉定位技术在雷达网中和双（多）基地雷达系统中都有很好的运用前景。（李鼎安）

leida zijian he zonghe zhenduan jishu

雷达自检和综合诊断技术 (radar self-checking and integrated diagnosing technique) 对雷达设备的状况进行自动检测，判别其工作状态、故障原因及位置的技术。

衡量雷达自检性能的主要指标有：①故障检测率。在规定的工作时间内和规定的条件下，雷达机内测试（BIT）正确检测出的故障数与故障总数之比，以百分数表示。②故障隔离率。在规定的工作时间内和规定的条件下，雷达BIT正确隔离到小于或等于规定数量可更换件的故障数与同一时间内检测到的故障总数之比，以百分数表示。③故障虚警率。在规定的时间内，故障指示的虚警数与故障指示总数之比，以百分数表示。

以雷达自检和综合诊断技术为基础可建立综合诊断保障系统（IDSS），以完成雷达装备的监控、诊断、辅助维修和维修管理等功能，对提高雷达的使用可用度和战备完好率有重要意义。它涉及安全性、可靠性、维修性、自动化、综合保障、费用效能分析等诸多技术领域。

（李耀元）

leida fanganrao jishu

雷达反干扰技术 (radar anti-jamming technique) 消除或减弱干扰影响，保持雷达获取目标信息能力的技术。反干扰技术的多样性与有效性是现代军用雷达技术先进性的重要标志。按干扰类型，分为反有源干扰技术与反无源干扰技术，反压制性干扰技术与反欺骗性干扰技术；按雷达组成，分为*雷达天线反干扰技术*、*雷达发射机反干扰技术*与*雷达接收机反干扰技术*等。通常按照反干扰技术的基本原理将反干扰技术分为下列8种：

滤除技术 尽量减少从空间接收有源或无源干扰；尽量滤去已收到的干扰。主要措施有：用锐波束天线、低副瓣天线、脉冲压缩等技术压缩空间上接收有源、无源干扰范围，遂行空间滤除；用接收机带外抑制技术，滤除带外有源干扰。用多普勒滤波技术，包括*动目标显示技术*（MTI）、*动目标检测技术*（MTD）与脉冲多普勒（PD）信号处理技术等滤除与目标径向速度不同的无源杂波干扰，遂行频域滤除；用脉宽鉴别电路、反非同步脉冲干扰电路、“宽—限—窄”反干扰电路来滤除与目标信号波形不同的干扰脉冲，遂行波形滤除。亦有利用目标回波与干扰波的极化差异来滤除干扰。

冲淡技术 用频率捷变或频率分集展宽雷达的工作频带，迫使干扰方不得不展宽干扰信号频宽，从而降低干扰谱密度，使雷达的信号干扰功率比得到提高。现代雷达通常采用自适应频率捷变技术，即雷达能自动侦察发现并立即将雷达工作频率捷变到干扰最弱的频率上，降低干扰效果。

对消技术 对已接收进来的干扰设法在输出前将其对消。常用的对消技术有天线副瓣对消装置，即在雷达主天线之外，再加装全向辅助天线和相应的自适应对消电路，使两个天线输出信号合成以后，把进入副瓣的干扰对消。如存在多个干扰源，则需多个辅助天线与相应的对消电路。对于相控阵天线则可用自适应控制部分阵列单元来实现多个方向的副瓣干扰对消。

屏蔽技术 用自动关闭门电路的方法使干扰不输出到雷达终端。常用的有天线副瓣匿影。即利用辅助天线收到的干扰来屏蔽主天线副瓣收到的干扰，能有效抑制副瓣进入的脉冲干扰。还有方位区域匿影，即在强干扰源的方向自动匿影输出，免使雷达终端饱和。

“烧穿”技术 用增加目标信号的能量来突破干扰对信号的掩蔽作用。其主要措施有增大雷达的平均功率和天线增益以及增大天线波束对目标的驻留时间，后者是现代电子扫描天线雷达经常采用的措施。

反饱和与恒虚警技术 用来防止干扰对雷达接收机和终端的饱和阻塞作用，是现代雷达接收机和检测器技术性能的一项重要指标。

单脉冲技术 是雷达对抗角欺骗干扰的基本措施。

雷达组网技术 多个不同频段雷达组网后，迫使干扰方分散干扰能量和器材。同时受有源干扰的两个以上雷达站可以用定向技术对干扰源交叉定位。

（邮能数）

leida kang fanfushe cuihui jishu

雷达抗反辐射摧毁技术 (radar counter antiradiation destroy technique) 降低雷达遭受反辐射武器硬杀伤的可能性，提高雷达生存能力的技术。主要有两个方面：

使反辐射武器的导引头难以截获和跟踪目标雷达 ①采用*低截获概率技术*。运用频率捷变、多频和重频跳变技术，雷达发射信号的频率和重频等参数随机变化，使之难以被锁定。采用低副瓣、窄波束天线，以缩小雷达辐射能量所照射的空域，使反辐射武器难以截获。②采用*双／多基地雷达*。发射和接收分开配置，接收站设在战区前沿，发射站在严密设防的后方或飞机上。③采用低波段雷达。反辐射武器为了搜索和跟踪目标雷达，天线口径一般要大于一个波长。反辐射武器的弹体直径有限，导引头无法安装大口径天线，难以搜索和跟踪低波段的目标雷达。④提高雷达机动性。⑤控制雷达发射。包括间歇发射、应急关机、突然发射等。

干扰反辐射武器导引头跟踪，使其不能命中目标雷达 ①雷达附近设置1～3个或多个有源诱饵，把反辐射武器引偏。诱饵的发射功率是将雷达送来的信号放大后发射出去。②采用分置式雷达，发射和接收系统分隔数百米，使接收系统不受反辐射武器的威胁，发射系统由2或3个相同的发射机及天线组成，相距几百米，并以等功率、同频、同步方式工作。反辐射武器只能跟踪和击中它们的等效电磁能量中心，难以击毁它们中的任何一个。（李鼎安）

leida fanyinshen jishu

雷达反隐身技术 (radar antistealth technique) 雷达为探测隐身目标所采取的技术。可分为抑制隐身技术和提高雷达的探测能力两类，通常两类措施综合应用。

抑制隐身目标使其雷达截面积难以降低到预期水平的技术是：①选用较低的雷达频率。是抑制采用低雷达截面积外形设计隐身目标的一项有效措施。理论计算和模型测量都表明具有低雷达截面积外形的航空兵器，在1吉赫频率以上雷达截面积很小，但在1吉赫以下的频段则随频率降低而上升，到米波波段则上升更多。隐身技术采用的吸波涂层与吸波复合材料，有效频带是在1～20吉赫范围内，在1吉赫以下频率上可将衰减效果降低很多。因此米波雷达和短波超视距雷达具有先天的反隐身性能。②采用雷达组网和双／多基地雷达。采用外形设计隐身技术仅对目标一定的姿态角范围内有效，例如，隐身飞机在机头方向约60°的立体角范围内雷达截面积减缩到最小，其次是机尾方向，而机身两侧与机腹、机背则仍有较大的雷达截面积。因此采用雷达组网使部分雷达站处于隐身目标航线的侧向，则它们仍能探测到隐身目标。通过情报中心对各雷达站探测到目标点迹的数据融合，可以跟踪和确定隐身目标的航迹。由于双／多基地体制雷达的发射站与接收站分置，在适当的条件下，可使雷达对目标的观察方向处于目标的侧边、背面或腹面，因而亦能探测到隐身目标。

提高对减缩了雷达截面积目标的探测能力的措施是：①增大雷达发射功率与天线增益，提高接收系统的灵敏度。这是传统的方法，但须增大雷达的规模和成本。②增加目标信号相参积累的时间，提高目标信号的总能量。这与雷达反干扰技术中的"烧穿"技术有相同原理。③相参积累多基地体制雷达各接收站的目标信号，把散射到各方向的目标回波信号能量累加起来。

（郦能敬）

leida fanzhencha jishu

雷达反侦察技术 （radar antireconnaissance technique） 防止敌方截获和利用己方雷达信号获取有关情报的技术。主要技术手段包括：①采用低副瓣天线。使对方难以利用天线副瓣截获雷达信号。②雷达参数随机变化。雷达载频、发射脉冲宽度、脉冲重复频率和极化形式等参数随机变化或按一定规律伪随机变化，使对方难以截获、分选和识别。③采用低截获概率信号。具有大平均功率、小峰值功率、大时宽带宽积的调频或编码信号。由于峰值功率低、编码复杂多变，难以截获。④实行功率管理。严格控制雷达波束的发射，在重点防御方向全功率工作，而在其他方向低功率工作或关机。⑤采用双／多基地雷达。这种雷达可以把发射机设置在保卫严密的后方，接收机设在前沿附近，采用无源方式工作，对方无法用电子侦察得知接收站的位置。⑥采用无源探测技术。无需发射能量，不易被对方侦察到。

（李鼎安）

leida qingbao xianshi

雷达情报显示 （radar intelligence display） 使用显示设备展现实时、直观的雷达情报。主要供有关人员掌握和处理空中情报。人工雷达情报系统用标图桌(板)对雷达情报进行标图显示。自动化情报系统用显示器以文字、图形和图像等形式显示雷达情报。显示器通常有图形显示器和表格显示器两种。图形显示器显示地图背景和目标航迹及运动情况。地图背景主要有国境线、分区线、责任空域线，重要地标，主要铁路、河流，雷达探测范围图，航路、航线图等。目标航迹由点或线段表示，并带有标明目标批号、站号、时间的标牌。表格显示器显示目标参数。包括坐标参数、运动参数和特征参数。通过人工干预可控制显示内容。在雷达情报自动化系统中通常使用光栅扫描显示器和随机扫描显示器。随着大管面、高亮度、高可靠性光栅扫描显示器的出现，光栅扫描显示器已被广泛采用。在高级指挥机构还使用大屏幕显示空中情况。（谢庆胜）

leida qingbao shouji

雷达情报收集 （radar intelligence collection） 各级指挥控制中心对雷达获取的情报进行汇集的过程。人工雷达情报收集，由值勤人员直接听取下级指挥控制中心或各雷达站操纵人员口报的目标情报，或者读取以报文格式发送的雷达情报进行汇集。这种情报收集方式目标容量少，时间延误长，精度低。自动化雷达情报收集，由雷达配备的录取设备获取目标情报后，利用通信设备按规定的情报格式上报，汇集到雷达情报自动化系统进行处理。系统还接收下级雷达情报自动化系统上报的综合情报以及远方雷达情报。未配备录取设备的雷达情报由操纵员口报经通信信道传送到情报中心，用光笔录入器、电子标图板、输入显示器等输入雷达情报自动化系统。

（谢庆胜）

leida qingbao chuandi

雷达情报传递 （radar intelligence transmission） 将雷达站获取的情报传送到各级指挥控制中心，以及将指挥控制中心综合的情报传送到上级和友邻指挥控制中心的方式与手段的统称。传递方式包括按级传递和越级传递。传递手段使用雷达情报通信网。传递的主要内容有雷达情报及勤务等信息。由于计算机、雷达录取设备和其他数据终端在雷达情报自动化系统中大量使用，数据情报已成为信息传递的主要内容，数据通信已是雷达情报自动化系统中重要通信方式。对雷达情报传递的要求是快速、安全、可靠，提高抗毁性和抗干扰性，采用多种通信手段，向网络化发展。

（谢庆胜）

leida qingbao chuli

雷达情报处理 （radar intelligence processing） 对雷达情报进行分析、判断、综合和上报、通报等活动的统称。为上级指挥控制中心和有关单位、部门及时提供完整准确的综合雷达情报。人工雷达情报的处理，是在标图桌(板)上进行标图、编批、综合，由有关人员用电报或电话进行上报、通报。自动化雷达情报的处理，是利用配有相应情报处理软件的计算机结合人工干预进行的。主要包括情报预处理、综合处理和输出处理。预处理是对接收到的雷达情报进行排错、坐标变换和密语变换等。综合处理方式分为人工、半自动、自动3种。人工综合是在计算机按各报类处理原则进行处理的基础上，通过人工干预进行。半自动综合是用人工干预对计算机综合处理结果确认的方式进行。自动综合是利用计算机对目标数据进行相关和判断，自动进行编批、去重复、选主站或进行数据融合。输出处理，空情按有关约定送显示器显示和进行上报、通报处理。

（谢庆胜）

leida zuwang

雷达组网 (radar netting) 由多部雷达对特定监视空域适当布站，对各雷达获取的信息进行数据融合处理，并对各雷达统一控制的雷达系统。是雷达网实现效能集成的作战组织形式。雷达组网后，能明显提高空中目标的探测概率，提高目标航迹的探测连续性和测量精度，增强对隐身目标和低空飞行目标的探测能力；当控制诸雷达实时有序地开关机和变更电参数时，对敌方将形成“闪烁”状电磁环境，可提高雷达抗干扰能力和减小反辐射武器对雷达的命中概率。

网内通常选用不同体制、程式、频段和极化的雷达，按提高覆盖空域互补能力、抗干扰和抗摧毁能力或效费比最佳准则优化布置。配置的多功能信息融合和控制中心能对网内各雷达站上报的信息进行优选、检测、互联、相关和滤波，形成单一连续的航迹，并能根据作战环境对网内各雷达使用电参数和开关机等进行实时控制，对干扰源位置进行交叉定位，对故障、战损雷达及时进行任务调整。靠良好的网络或双工通讯来保障网内各雷达与信息融合中心之间、各主要雷达之间的信息交流和控制信号的传递。

自20世纪80年代，世界发达国家都在深入进行雷达组网的研究开发工作，如美国的AN/TPS-43雷达战术防空系统、德国西门子低空防御系统都具有雷达组网的形式。 （贾玉贵）

leida jishu baozhang

雷达技术保障 (radar technical support) 为使雷达装备保持和恢复完好状态所采取的综合技术措施。主要内容包括：①维护。分为定期维护和视情维护。定期维护是对雷达装备实施固定周期性维护，有日、周、月和年维护。视情维护是根据雷达装备的具体技术状况和实际使用需要进行的非固定周期的维护，有监控参数和特定时机视情维护两种。监控参数视情维护是利用监控手段，对重要性能参数进行定量检测，当参数超过允许范围时对有关部件进行的维护。特定时机视情维护，是在重要战备任务之前或受自然灾害之后，对雷达进行的维护。②修理。修复有故障或损伤的雷达部件，恢复雷达战术、技术性能。修理有平时修理和战时修理，平时修理分大、中、小修3级。战时修理按照就地抢修原则，采取换件修理为主，必要时进行拆拼修理。③技术鉴定。根据雷达装备的使用年限、技术状态和修理情况确定其品质等级的过程。其目的是为了掌握装备实力，合理地使用雷达装备，调整技术保障方案，有计划地安排修理和换装。雷达品质等级分为新品、堪用品（一、二、三级品）、待修品和废品，共4等6级。④安全防护。根据不同地区、季节、气候和雷达装备特点，适时采取相应的防护措施，预防事故发生。主要内容是防风、防火、防雷、防潮、防高温、防沙尘和防震动。⑤技术革新与改装。技术革新是对现有装备的改进，提高装备性能，改装是对技术革新成果的推广。技术革新成果必须经过鉴定、定型后才能推广。⑥信息管理。进行技术保障资料的收集、整理、分析、传输和反馈，及时定量地反映雷达技术保障的基本情况和规律，为其规划、决策和组织实施提供科学依据。

雷达维修器材是雷达装备维修的物质基础，除随机备份器材外，各级技术保障部门应按各类备份器材基数定额及时筹措。将系统工程的理论和方法应用于雷达技术保障，优化效费比。

（汤福润）

空军电子对抗技术

kongjun dianzi duikang jishu

空军电子对抗技术 (air force electronic warfare technique) 空军直接用于电子对抗的各种技术措施的总称。空军技术的重要组成部分。电子对抗是高技术战争的重要作战手段，在作战中，控制电磁频谱已作为一个基本的作战目标。主要包括：对复杂、高密度、宽频谱电磁信号的接收、处理和识别技术，在空地平台上对电磁威胁的测向、定位技术，对空、对面多目标和多体制威胁的干扰技术，空空、空地、地空和地地反辐射技术，宽频带小型化和共形天线技术，数据融合及资源共享技术，功率管理和电磁兼容技术，环境的适应技术，一体化和自适应技术，定向能技术和电子防御技术等。

主要内容 航空电子对抗技术在空军电子对抗技术中具有代表性。包括：航空电子对抗侦察技术，航空电子干扰技术，反辐射攻击技术，飞机自卫电子对抗和隐身技术，空军电子防御技术。以这些技术为基础，发展形成空军电子对抗装备和相应的战术。

航空电子对抗侦察技术 以飞行器为载体，从空中进行电子对抗侦察的技术。是空军获取电子情报的基础。对密集、多参数变化信号，超宽频率范围和全空域的复杂电磁信号进行搜索、截获、测量、分析和识别，是航空电子对抗侦察技术的主要内容，反映在信号接收、信号处理和天线等设备上。在信号接收技术方面应用低噪声固态器件、声表面波器件、微波集成器件和电荷耦合器件等，发展信道化接收技术、数字瞬时测频技术、压缩技术和声光接收技术等，较好地解决了在超宽频率范围内电磁辐射信号的全概率截获和瞬时测量信号参数的问题。在信号处理技术方面，采用高速大规模集成电路，高精度时间测量，并运用相关理论及模糊理论、模式识别和数据库技术对信号流中的每个信号进行实时处理，使在时间上交错的信号得到分选，正确识别和判断，并依据战场电磁态势给出最佳电子对抗对策。开发数字频率合成技术、快速傅立叶频谱分析技术、短基线时差法测向定位技术和实时信号处理技术等，使航空电子对抗侦察能截收跳频、直接序列扩频和猝发通信的信号，并能对1毫秒的短信号测向定位。在天线技术方面广泛应用对数周期超宽频带天线，用两个相互垂直的对数周期天线阵，侦收任意线极化的电波。圆极化的螺旋天线有10倍频程的频率覆盖和数十度的角度范围，其中平面螺旋天线适用于测向系统。圆形多模阵列天线与移相馈电巴特勒矩阵网路相连，能产生覆盖360°的若干个波束，可对威胁信号的单个脉冲进行全方位瞬时测向。这类天线可以取得对威胁信号的高截获概率。有源与无源天线技术组合成天线系统，更有利于提高航空电子对抗侦察能力。数据库技术与电子对抗侦察技术相结合，用于预警机上的无源雷达侦察系统。电子对抗侦察技术从主要用于对雷达、通信的侦察扩展到对光电装备的侦察。

航空电子干扰技术 以飞行器为载体，从空中对电子信息系统、设备实施干

扰的技术。包括有源干扰技术和无源干扰技术。

有源干扰技术主要有噪声干扰和欺骗干扰技术，其发展反映在自适应地干扰多目标能力上。为使有限的电子干扰资源能获得最佳的运用，发展功率管理技术。以计算机为核心，通过算法在对复杂电磁环境的信号进行分选识别和逻辑判断，确定辐射源威胁等级后，根据威胁的情势和设备的干扰能力（干扰目标的数量、干扰功率、频率范围等），通过对策运筹和技术手段，实现在时域、频域和空域上控制干扰发射机和天线波束，选择最佳时机，最有效干扰样式，向选定的目标方向发射干扰信号。用于有源干扰的技术还有：采用数字调谐的压控振荡器和双模行波管功率放大器，可按数字化的频率码在微秒量级上变换频率的快速频率跟踪技术；采用具有倍频程频率覆盖的相控阵天线和透镜馈电多波束阵列天线，能够在数微秒内，以小于1°的方向精度，将干扰波束指向威胁目标的定向技术；应用数字射频存储技术，可在指定的时间将存储的数字信号恢复成射频信号，使干扰波形与信号波形精确匹配的信号复制技术。高可靠、宽频带、大功率和高效率集成微波器件技术，为航空有源干扰技术发展提供了条件。电子干扰技术还用于一次性使用的干扰机（包括空飘式、飞航式、投掷式和火箭发送式等程控或遥控的干扰机）。光电干扰技术成果用于电子调制编码的红外干扰机、欺骗式激光干扰机和致眩式激光干扰机等。为消除制导武器对飞机构成的威胁，有源干扰技术在飞机拖曳式装置中得到发展与应用。武器系统中电子信息系统、设备应用新器件、新原理、扩展频谱和采取更有效的电子防御技术，促使有源电子干扰技术相应地发展。

无源干扰技术主要有干扰机理、干扰器材和投放技术。①箔条。具有散开快、留空时间长、频带宽和雷达截面积大等特点。包括空心箔条、充气箔条、V形箔条、圆形箔片、配重箔条和光波段与微波波段兼容的复合箔条等。②气悬体。是无源干扰技术的新成果，具有扩散快、持续时间长、干扰频带宽和使用时隐蔽、突然等特点。③等离子云。运用等离子技术产生等离子云，对雷达和红外观察、跟踪装置可造成干扰，用于保护飞机等载体。④烟雾技术。可使激光、红外等光电系统的性能下降或失效。⑤目标隐身、伪装和无源假目标（拖曳或空飘）等技术。⑥自适应、前向投射和快速扩散等投放技术。

有源干扰技术与无源干扰技术综合应用时，可获得更复杂的干扰样式，使反干扰变得更加困难。另外，用于航空高速载体上的有源、无源干扰技术还与环境控制技术和共形技术相结合，使之更适用于航空环境。

反辐射攻击技术 空军作战中，消除电磁威胁的一种硬杀伤技术。核心是对辐射源识别、导引、精确定位和抗诱饵技术。采用超宽带器件和低噪声器件，使一个反辐射导引头可覆盖0.1～20千兆赫频率甚至更宽的范围，并能在远距离从天线副瓣进行攻击。导引头中采取记忆部件或捷联式惯性导航装置，当被攻击的电磁辐射源关机时，导弹仍能继续飞向目标。采用微波集成技术、信号处理技术和可重编程技术，提高导引头对威胁的处理、存储、识别和记忆能力。采用复合制导技术，增强反辐射武器通用性和在复杂电磁环境中识别、攻击目标的能力。应用反辐射技术的巡航式反辐射导弹或反辐射无人机，在空中盘旋时截获到威胁信号后，迅速转入攻击，或者恢复到巡航状态，等待目标再次出现，进行攻击。反辐射技术的发展使反辐射武器攻击距离达100千米以上，并可攻击舰载雷达和预警机雷达等活动目标。

飞机自卫电子对抗和隐身技术 以提高载机作战生存能力为目的的电子对抗技术。主要包括雷达、红外、激光和导弹逼近等威胁告警技术，噪声干扰、欺骗干扰、箔条干扰、红外诱饵、拖曳诱饵等干扰技术，隐身技术以及它们的综合应用技术。采用对威胁参数的快速准确测量和干扰效果的实时鉴别技术，使飞机自卫电子对抗效率得到提高。自卫电子对抗设备采用人工或自动控制，对电磁威胁做出最佳的适时反应，为飞机提供防护。隐身技术是使常规探测设备目标发现概率下降的综合技术。常用的有雷达隐身、红外隐身、可见光隐身和声波隐身技术等，特别是雷达和红外隐身技术迅速发展并在飞机上获得应用。雷达隐身主要是采用电磁波低散射外形技术和新材料技术（电磁波吸收材料、透波－吸波复合材料）等，大幅度减小目标的雷达截面积，如F－117A隐身攻击机的雷达截面积约0.017平方米。多种隐身作战飞机和隐身巡航导弹相继问世，这些飞行器使用较小的干扰功率，即能起到有效保护作用。

空军电子防御技术 保障空军电子信息系统、设备在电子对抗侦察和电子进攻条件下进行隐蔽和正常运行的技术。包括电子反侦察、电子反干扰、反隐身和抗反辐射攻击技术等。应用低副瓣天线技术、扩频技术和伪装等技术的装备具有较好的反侦察能力。应用频率捷变、脉内调制、全相参、脉冲压缩、数字化和导弹复合制导等技术的装备能提高电子反干扰能力。多基地雷达、雷达诱饵和无源雷达，其技术体制和所采用的技术能对抗反辐射武器攻击。自适应跳频技术把自动频谱分析处理技术与跳频通信技术结合，不但可快速跳频，还能根据频谱分析的结果，跳到无电子干扰或电子干扰较弱的频率点工作，使对方难以侦察和干扰。多参数捷变技术使得对方的信号处理难以获得有用信息。对抗反辐射武器的告警技术与诱饵技术相结合研制成电子防御装置，配置在大型电磁辐射装备附近，当反辐射武器来袭时，引导具有诱饵功能的有源假目标及时开机，发射与被防护的电子信息系统、设备相似的信号，其较强的电磁辐射，用以吸引来袭导弹，使其脱靶。

简史 空中力量与技术是紧密联系在一起的，突出体现在空中环境中完成作战任务并求得生存的飞机需具有相应的技术。空军电子对抗技术就是在这种需求中诞生并得到较快的发展。第二次世界大战中，电磁频谱首先在空中领域应用，由此产生对无线电和雷达的干扰技术，为空军电子对抗技术发展奠定基础。电子对抗技术最重要的发明主要有利用金属箔条反射电磁波原理为基础的无源干扰技术；射频噪声为主对雷达和无线电通信进行压制的有源干扰技术。当时电子对抗技术处于初级阶段，电子对抗设备工作频率范围窄、人工操作、功能单一和效率不高，但仍然在提高飞机作战能力中发挥了特殊的作用。同时由于电子侦察和电子干扰对军用电子信息系统、设备的威胁，以保护军用电子信息系统、设备正常使用为目的的电子反侦察和反干扰技术也相应地发展起来，逐步

形成电子防御技术。20世纪50～70年代，航空、航天技术迅速发展，特种材料、计算机和微电子技术广泛用于军事领域，使各型空中平台和防空武器系统的作战效能大为提高，促使空军电子对抗技术得到相应发展。在电子对抗技术进步的推动下，电子对抗侦察飞机、电子干扰飞机、反辐射攻击飞机和作战飞机自卫电子对抗等装备中的电子对抗技术和电子信息系统、设备的电子防御技术都得到了迅速发展。空军电子对抗技术进步主要包括：对每秒100万个以上脉冲的高密度电磁信号的侦测技术，复杂电磁信号和脉内特征的处理、识别技术，数字化频率复制技术，2倍频程以上的宽频带天线及器件技术，宽频带千瓦级大功率微波器件及功率管理技术，小型化多波束天线及机载相控阵天线技术，共形天线技术，具有压制和欺骗两种功能的双模干扰技术，对频率捷变、跳频、编码和脉冲多普勒雷达的干扰技术，对猝发、扩频跳频结合、数字通信的干扰技术和对光电武器的探测与干扰技术等。1964年“百舌鸟”反辐射导弹首次用于越南战场，美国空军电子对抗技术发展得到实战检验，1965年越南平均约10枚SA-2导弹击落1架美国飞机，1966年美国空军飞机装备雷达告警器和电子干扰等设备后，使击落1架美国飞机所需导弹数量成倍增加。越南战争后，世界各国空军都投入较大力量发展电子对抗技术和装备，电子对抗已成为现代空军的重要作战手段。80年代，计算机成为作战系统中的核心。武器系统中电子技术与相应软件技术的有机结合，使作战飞机具有高速、超视距和精确攻击的强大威力，同时防空体系的电子防御能力和作战效率也大为提高。电子对抗侦察飞机、电子干扰飞机、反辐射攻击飞机和作战飞机的自卫电子对抗系统，成为空军作战力量的组成部分。以提高飞机战时生存能力为目的的电子对抗技术与隐身技术相结合，成为空军进攻与防御作战重要的技术基础。90年代后历次局部战争中，隐身飞机多次突防成功和隐身飞机被击落的战例，进一步展现出电子对抗技术发展的新成果。为适应高技术作战环境的需要，电子对抗技术融合多种高新科学技术成果，在智能化、系统化、小型化和提高效率等方面取得重大进展。电子对抗软杀伤和硬杀伤相结合，在实战中获得更为显著的军事效益。中国人民解放军空军在50～60年代国土防空等作战取得电子对抗经验的基础上，开发应用各项电子对抗技术，逐步发展相应装备并形成战斗力。

展望 随着各种先进的电子技术越来越集中地应用在飞机和防空系统中，以控制电磁信息，提高作战飞机战时生存能力和作战效能为重点的空军电子对抗技术将得到新的发展。以电子对抗技术为基础的空军电子对抗装备，也将随之向更高层次的模块化、标准化、综合化和智能化发展，并融合到高效率、多功能和一体化的作战系统中，或成为航空武器系统的有机组成部分，发挥更为显著的作战效能。

（金兆恂）

kongjun dianzi duikang zhencha jishu
空军电子对抗侦察技术 (air force electronic warfare reconnaissance technique) 用于对电磁辐射信号的搜索截获、分析识别、威胁判断及对辐射源测向定位的技术。空军电子对抗技术的组成部分。按侦察对象分为雷达对抗侦察技术、通信对抗侦察技术和光电对抗侦察技术。主要采用测频技术、辐射源测向定位技术、雷达信号分选技术、雷达信号识别技术和光电侦察技术。

测频技术 测频技术应用比较广泛，通常有：①信道化接收技术。利用邻接滤波器实现多信道瞬时测频的侦察接收技术。信道化接收机是一种本振频率固定而在中频用大量滤波器组进行分路的超外差接收机。信道化接收机具有截获概率高、反应时间短，并兼有晶体视频接收机的频率宽开特性和超外差接收机的灵敏度高、测频准确的双重优点。曾因体积大、成本高而没有广泛使用。由于声表面波滤波器和微波集成电路的发展和应用，信道化接收技术已成为实用技术。②瞬时测频技术。利用延迟线将频率信息变换为相位信息，通过鉴相器实现瞬时测频的技术。基本原理是利用电磁波通过传输线所产生的相移来比较经两条长度不同传输线后的电磁波的相位差或测量其合成场的幅值来测定信号频率的。瞬时测频接收机具有截获概率高、瞬时频带宽和能测频率捷变信号的优点。缺点是接收机灵敏度较低。③超外差测频技术。利用混频技术将不同射频的信号变换成固定中频信号进行放大处理的侦察接收技术。超外差接收机具有灵敏度高、测频精度高和抗干扰能力强的优点。缺点是搜索截获信号需要的时间较长。④压缩接收技术。利用快速微扫本振，截获侦察频带内的所有信号，通过色散延迟线压缩，转换到时域进行测频的侦察接收技术。压缩接收机具有截获概率高、瞬时测频范围宽、频率分辨能力强、接收机灵敏度高和动态范围大的优点。缺点是输出脉冲较窄，视频处理复杂，但采用高速数字集成电路可以克服这个缺点。压缩接收机适用于密集复杂的电磁环境。⑤声光接收技术。利用声波对激光束的衍射作用，借助于电声光的变换进行测频的侦察接收技术。声光接收机具有瞬时频带宽、频率分辨率高、分离同时到达信号能力强、接收机灵敏度高和视频处理电路简单，适用于复杂的电磁环境的优点。缺点是动态范围不够大，脉冲波形失真大。⑥声表面波接收技术。利用声表面波色散延迟线的线性频率延时特性，用测量延迟时间进行测频的侦察接收技术。其设备称声表面波接收机，也称时间鉴频式接收机。声表面波接收机具有截获概率高、动态范围大、抗干扰性强、工作可靠和体积小等优点，能截获多频率信号、捷变频雷达信号和截获小于0.1微秒的窄脉冲信号的能力。声表面波接收机被认为是综合性能最佳的接收机之一。

光电侦察技术 通常有红外侦察技术和激光侦察技术。①红外侦察技术。利用红外传感器接收目标的红外辐射，测定其技术参数，以判别红外辐射源的性质，或向目标发射红外辐射能，利用其反射特性，判明其配套武器系统的威胁程度，测定其位置，以获取情报的侦察技术。②激光侦察技术。利用激光传感器接收激光源的辐射或散射信号，测量其技术参数，判明激光源的类型、方位，或向目标发射激光，利用其反射信号，判明武器系统的光学特性，识别该武器系统的类型，或测定其位置，以获取情报的侦察技术。

空军电子对抗侦察技术是伴随着电子技术在军事上的应用产生和发展的。

第一次世界大战中，出现了对无线电通信的侦察和测向技术。第二次世界大战中，雷达应用于防空作战，从而出现了雷达对抗侦察技术。1939年8月，德国1艘飞艇上安装接收机，有计划地执行搜集英国“本土链”雷达的情报任务，虽然失败了，但被认为是首次雷达对抗侦察行动。20世纪50～70年代，红外和激光技术在军事上的应用，又出现了光电侦察技术。70年代以后，随着微电子技术、计算机技术和数字技术的迅速发展和广泛应用，相继出现了信道化接收技术、瞬时测频技术、压缩接收技术、声表面波接收技术、干涉仪测向定位技术和测时差定位技术等新体制电子对抗侦察技术。空军电子对抗侦察技术将采用综合的技术体制，形成综合侦察系统；发展对复杂信号的侦察识别技术；发展精确定位技术等。　　（周骥怀）

fusheyuan cexiang dingwei jishu

辐射源测向定位技术 (emitter direction finding and locating technique)　利用电子信息系统、设备和相关方法确定辐射源位置的技术。包括测向技术和定位技术。

测向技术　利用测量通过观测点的子午线与辐射源方向之间夹角的方法确定辐射源方向的技术。分为振幅测向法、比幅测向法、相位测向法和罗特曼透镜多波束线阵测向法。①振幅测向法。通过测量无线电波在一个或多个天线中感应产生的电压幅度进行测向的方法。包括最大信号法、最小信号法。最大信号法利用测量天线方向图的最大值来测向；最小信号法利用测量天线方向图的零值来测向。②比幅测向法。利用方向图部分重叠的多副天线接收同一辐射源信号，比较各天线接收信号的幅度来确定其方向的技术。包括等信号法和比较信号法。等信号法利用两天线方向图交叉处接收的信号幅度相等，用交叉轴线所指方向确定辐射源方向；比较信号法利用两个方向图相同且部分重叠的天线，测定两天线接收来自同一辐射源信号幅度之比值来确定辐射源方向，比较信号法天线不需搜索，可使用多个天线进行快速测向。在机载雷达告警系统中，广泛采用4个天线的比幅测向系统。基本工作过程(图1）是：4个天线全向比幅测向系统，每个接收天线后面都有一个独立的接收通道。每一

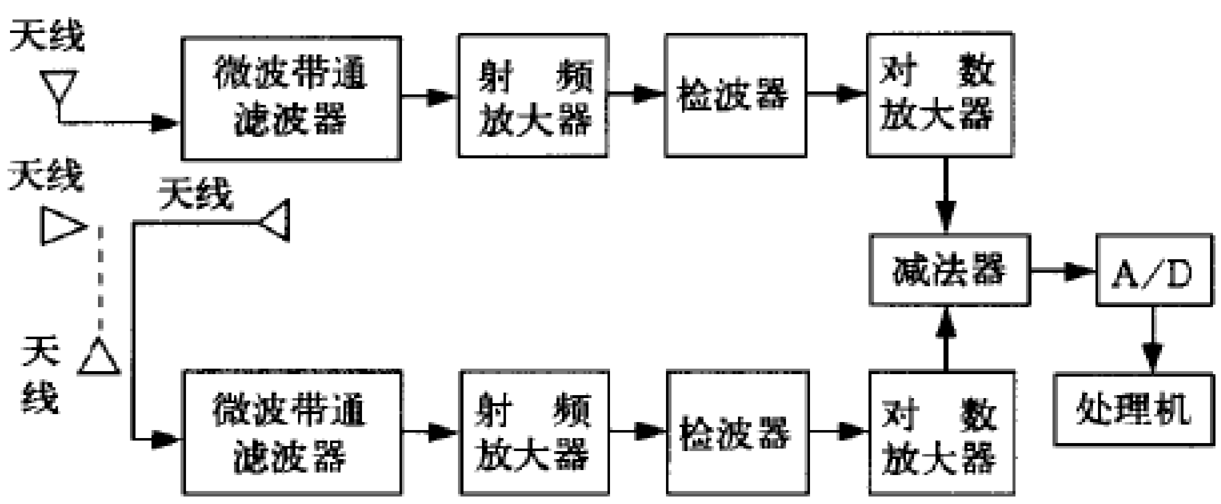


图1　4个天线全向比幅测向系统工作过程示意图

通道由微波带通滤波器、射频放大器、检波器、对数放大器等组成。4路接收通道的信号汇集到减法器，经A/D变换后到处理器进行处理，即得出辐射源的方向。优点是方位截获概率高、设备简单、体积小、重量轻。③相位测向法。亦称相位干涉仪测向。测量电波波前到达两个或多个天线的相位差或时间差来测定辐射源的方向（图2）。相位差与辐射源的方位

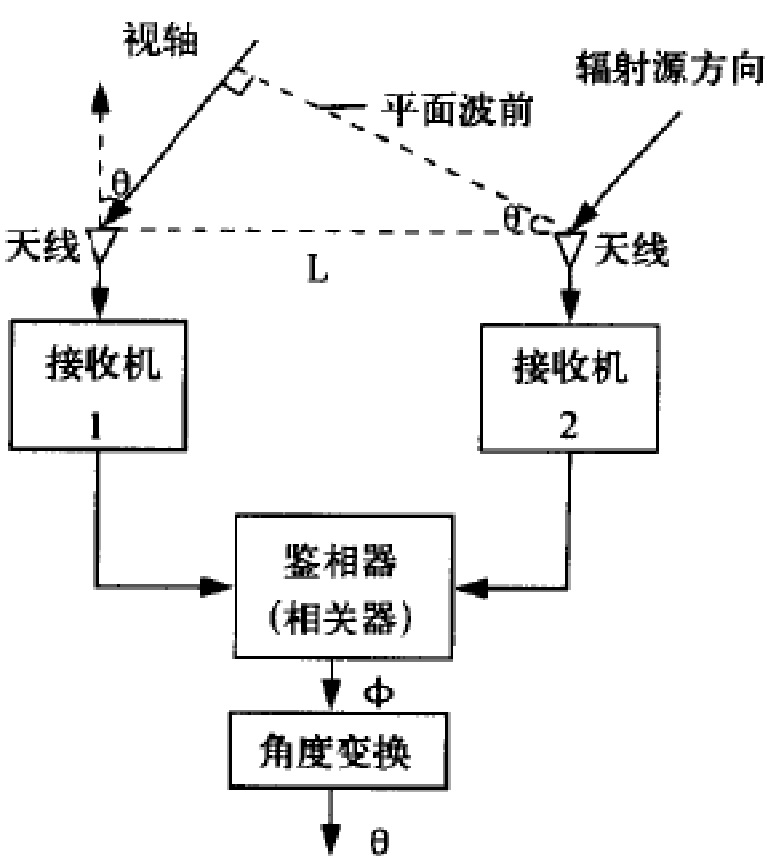


图2　干涉仪测向原理示意图

角的关系：$\phi=\frac{2\pi}{\lambda}L\cdot sin\theta$。式中的λ为辐射源的工作波长；$L$为两天线之间的距离；$\theta$角为辐射源信号的入射方向与天线轴线夹角。两路信号在鉴相器中可取得相位差信息ϕ，再经过角度变换便得到辐射源的方位角θ。为了提高测向精度，通常采用多基线干涉仪测向。④罗特曼透镜多波束线阵测向法。利用罗特曼透镜天线可形成各自独立而又互相邻接的多个波束的光学原理实现测向的技术。采用罗特曼透镜天线，只需一个介质透镜就可形成各自独立又互相邻接的多个波束，因此，这种测向技术特别适用于机载电子侦察系统。

定位技术　运用相关方法确定辐射源位置的技术。定位方法分为单站定位法和多站定位法。①单站定位法。包括飞越目标定位法和方位—仰角定位法。飞越目标定位法利用飞行器上的斜视锐波束测量地面辐射源信号并采集飞行器的航行数据，经计算确定辐射源的位置。方位—仰角定位法利用飞行器上的斜视锐波束测量地面辐射源信号到达的方位角和仰角进行定位。②多站定位法。包括交叉定位法、测向测时差定位法和测时差定位法。交叉定位法通过高精度的测向设备，在已知坐标的两点或多个点上，对同一辐射源测向，由两条或几条方位线相交点通过三角运算，确定交叉点的（辐射源）坐标位置（图3）。常用于载机

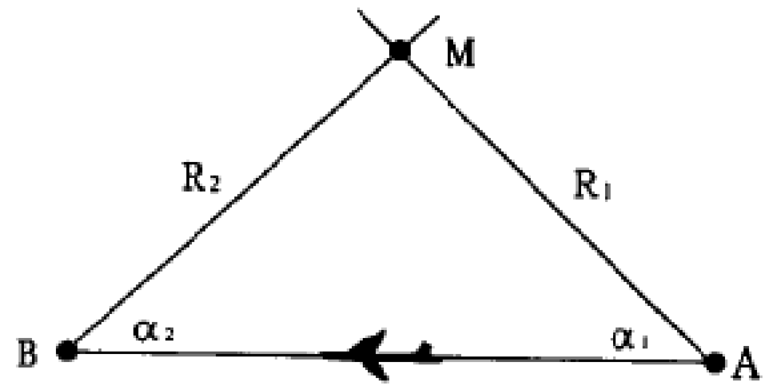


图3　交叉定位原理示意图

平台和地面站对地面辐射源的定位。基本工作原理是侦察飞机在航路上的两点或多点对同一雷达测向，测出目标的方位角α_1和α_2，获得两条位置线R_1和R_2，其交点M便是雷达所在位置。所以，侦察飞机在获得方位数据的同时，记录相应点A和B的航行数据，即可确定雷达的位置。测向测时差定位法的工作原理（图4）。设有1个基站（A）和1个副站即转发器（B），每站都配有侦察接收设

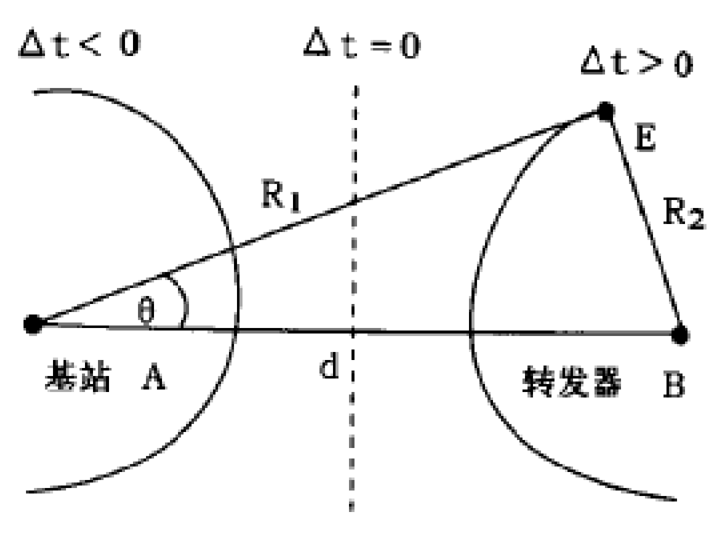


图4　测向测时差定位原理示意图

备和两个天线。A、B两站之间距离为d（已知）。A站到辐射源E的距离为R_1，B站到E的距离为R_2。A、B两个站接收同一辐射源的信号，其中B站接收辐射源的信号经过放大后，通过一定向天线转发给A站。A站除接收B站转发来的辐射源信号外，还用另一定向天线接收由辐射源直达的信号。基线AB和A站与辐射源间的连线AE的夹角为θ，即辐射源信号到达角，且$\theta \neq 0$。A站利用辐射源到达角θ，A、B两站接收辐射源直达信号的时间差及基线AB间的距离d，通过计算机计算求得辐射源位置。测时差定位法（图5）。在已知位置的两点或多点

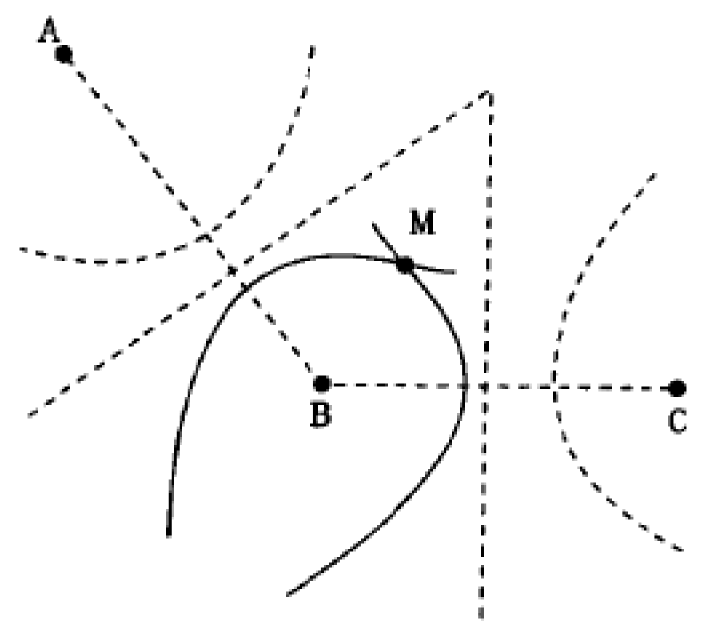


图5 测时差定位原理示意图

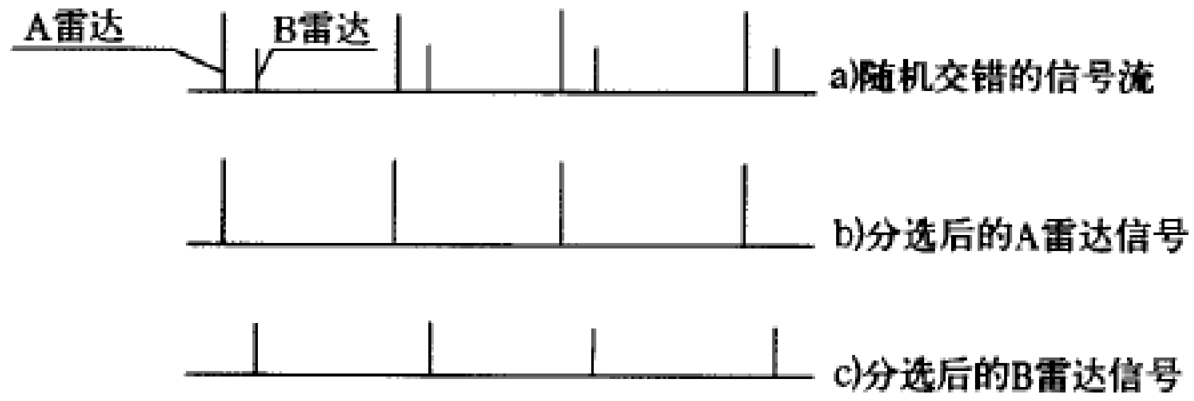
上，用侦察设备测量同一辐射源信号的到达时间差，由多组双曲线或多组双曲线面的交叉点来确定辐射源位置的技术。工作过程是，在已知的A、B、C 3个侦察站，分别接收同一辐射源M的信号，根据A、B两站接收同一辐射源信号的时间差，可作出一条双曲线时差为正时，对应右边的一条实线。根据B、C两站所测得的时间差可做出另一条双曲线，时差为负时，对应左边的实线。两实线的交叉点M，就是辐射源的位置。该定位法特点是能用无方向天线获得高定位精度。

在辐射源测向定位技术中研究新的快速算法，研制辐射源精确定位设备，以提高各频段的测向定位精度；研究对扩频、跳频通信、猝发通信等通信体制的测向定位技术等。（卢立成）

leida xinhao fenxuan jishu

雷达信号分选技术 (radar signal sorting technique) 从随机交错的雷达信号流中分离出各单部雷达信号的技术。为采取各种电子对抗措施提供决策依据。

雷达信号分选的基本原理是：利用同一雷达信号的相关性和不同雷达信号的差异性，将每部雷达的脉冲序列及其参数从随机交错的信号流中分选出来（见图）。



雷达信号分选原理示意图

雷达信号分选的过程是：侦察接收机对随机交错的信号流中的每一个脉冲参数进行测量、数字化和汇总，形成以信号载频、脉冲宽度、脉冲到达时间、到达方向和信号调制等为参量的脉冲描述字；在软件的控制下，对每个脉冲的脉冲描述字（脉冲到达时间除外）进行比较和相关，对信号流进行去交错预处理，将相同的参数进行归类；利用信号脉冲到达时间测出脉冲重复频率，连同载频、脉冲宽度、信号到达方向和信号幅度等参数及带有雷达辐射源特殊信息（如捷变频、重频抖动等）的数字化数据并存储用于识别。

常用的分选技术有：①重频分选。脉冲重复频率是用单个参数进行辐射源识别时最具有特征的参数。重频分选方法利用周期脉冲信号的相关性从交错信号流中分离出各部雷达信号。以信号脉冲的到达时间作为时间基准，相邻两脉冲的时间间隔作为尺度不断地与后续脉冲作比较，如果脉冲的时间间隔正好等于脉冲列的重复周期，便可实现成功的分选。②脉宽和重频分选。对于重频抖动或变化的雷达信号，必须依靠脉宽和重频多参数进行分选，以达到理想的分选结果。③时域、频域多参数分选。为了对频率捷变和频率分集雷达信号进行分选，要求侦察系统对每个脉冲进行准确的测频，并且在分选过程中首先对每个脉冲的射频、到达时间、脉宽和脉幅等作相关处理，然后进行载频、脉宽和重复周期等多参数的信号分选。④空域、时域和频域多参数分选。当密集的信号流中包含多个频域和时域变化的信号时，就需要加入信号到达方向进行综合分选。

雷达信号分选技术早期大都采用重频分选。随着雷达技术的发展和计算机的广泛应用，陆续出现了多种信号分选算法及实现手段。在数据融合、高速数字电路等学科技术进步的基础上，雷达信号分选将高度自动化，并越来越快速准确。（曹 涛）

leida xinhao shibie jishu

雷达信号识别技术 (radar signal identifying technique) 确定雷达信号属性的技术。通过对雷达信号载频、脉冲、脉内特征等参数的测量、分析，判断雷达型别和所属的武器系统、平台特性和工作模式等，是做出干扰、摧毁等各种电子对抗决策的依据。通常包括辐射源识别、目标识别和威胁判断等。其中辐射源识别是基础，根据辐射源的性能和空间位置，便可进行目标识别，判断威胁等级。基本原理（图1）是：将已分选出的辐射源参

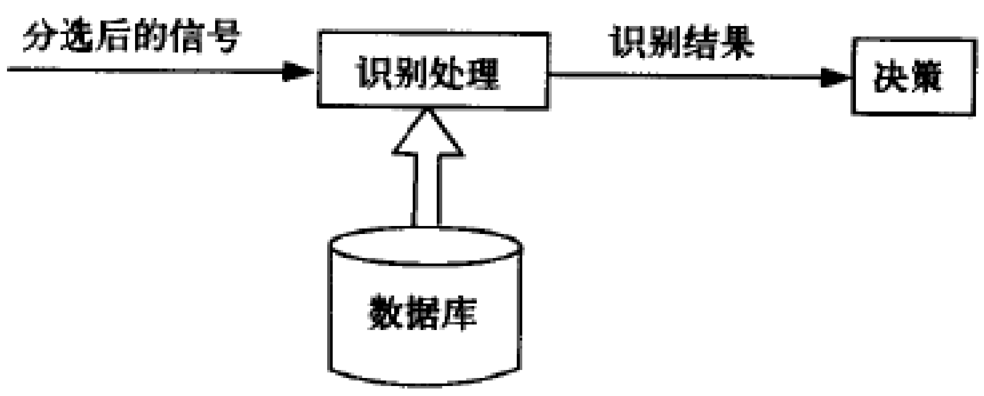


图1 雷达信号识别原理示意图

数信息与电子对抗数据库中的已知雷达数据进行比较，当各参数与数据库中某一雷达的数据相符时，此辐射源即被识别为该雷达。通常采用计算机软件识别（图2）。计算机软件可同时识别多个信号，且灵活性很大，可以根据信号环境变化自适应地调整识别结果。计算机通过程序将测得的预处理后的雷达信号参数和电子对抗数据库中雷达技术性能数据进行逐个参数项的比较，分析两相应参数的偏差值与库中容差值的关系，以识别出辐射源最可能的属性。识别处理的输入是经过分选、分析和编号的脉冲列，在任务环境文件的支持下，对脉冲序列进行处理。对已经掌握的简单雷达信号

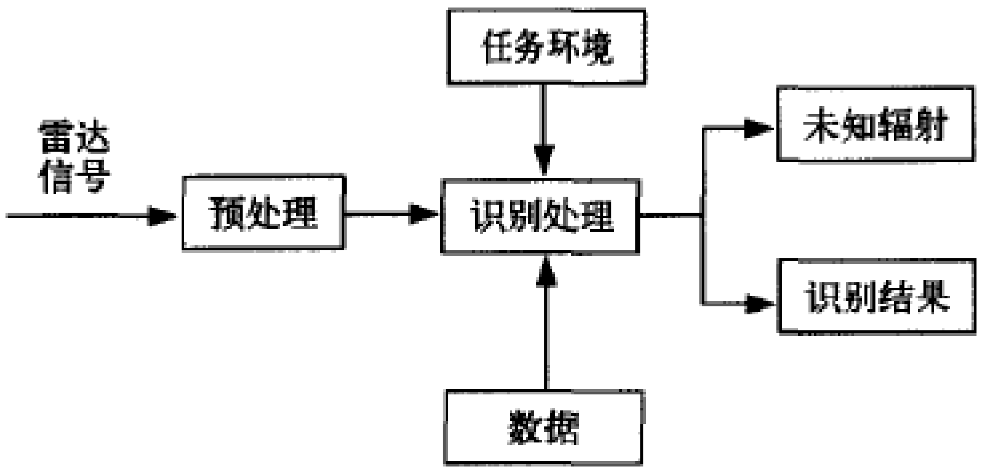


图2 计算机识别关系示意图

可在优先信号识别中预先识别剔除，以减轻识别处理程序的负担。信号序列和电子对抗数据库中已知雷达参数进行逐个参数比较，以不同的信任度对信号进行识别。对不能识别的信号作为未知信号存入未知辐射源库，以便进一步分析处理。应用人工智能、模糊识别等新兴技术，将促进雷达信号识别技术朝着更加准确、快捷的方向发展。

（曾　涛）

kongjun dianzi ganrao jishu

空军电子干扰技术 (air force electronic jamming technique)　空军用以对电子信息系统、设备进行电子压制、扰乱和欺骗的技术。空军电子对抗技术的组成部分。分为雷达干扰技术、通信干扰技术和光电干扰技术。

雷达干扰技术　利用电子干扰设备或器材发射干扰电磁波或散射、吸收雷达辐射的电磁波，破坏或削弱雷达对目标探测和跟踪效能的技术。分为有源干扰技术和无源干扰技术。①有源干扰技术。产生射频信号扰乱或阻断雷达对目标的探测和跟踪的技术。包括功率管理技术、储频技术和相控阵技术等。功率管理技术是在接收到信号后进行分选识别和威胁判断，并经计算机对策运筹，控制干扰发射机的功率分配、发射时机和天线的波束指向等，以最佳的干扰样式向选定的目标发射，使有限的电子干扰资源获得最佳应用；储频技术是将收到的雷达脉冲存储，然后将存储的雷达信号样本经过调制或延迟以后发射出去，使电子干扰信号特性与目标回波相似，在不同的速度和距离上产生假目标；相控阵技术是采用宽带固态元在空间合成阵元功率，电子控制波束指向，能在多个方向上同时对多个目标实施大功率电子干扰。②无源干扰技术。用无源干扰物，对雷达电磁波造成散射或吸收、改变目标电磁反射特性、形成虚假目标回波等，破坏或削弱雷达探测能力的干扰技术。主要体现在干扰器材、干扰机理和投放应用等方面。常用的有箔条、气悬体和等离子体等。箔条布撒快、留空时间较长、频带宽和雷达反射截面积大。气悬体是无源干扰技术的新成果，扩散快、频带宽和使用隐蔽突然。等离子体技术产生的等离子云，用途范围广，可对雷达和红外观察进行干扰。自适应、前向投射和快速扩散等投放技术的使用，使无源干扰技术应用更加广泛。

通信干扰技术　破坏或削弱对方无线电通信系统正常使用效能的技术。主要包括高频宽带高功率产生技术、高速处理与干扰引导技术、干扰样式产生技术等。①高频宽带高功率产生技术。要求功率放大器频率范围宽和输出功率高，以满足对各种通信系统进行有效拦阻干扰的需要。②高速处理与干扰引导技术。快速对复杂目标信号进行分选识别以及细微特征判定，对通信干扰系统实施精确引导。③干扰样式产生技术。在对方使用的通信信道上，利用对方的通信方式和语言发送伪造的信息，造成接收方的信息差错和判断失误，形成欺骗式干扰；利用强大的电子干扰功率实施对通信的完全压制，形成压制式干扰。

光电干扰技术　破坏或削弱光电设备正常使用的技术。分为有源干扰技术和无源干扰技术。①有源干扰技术。发射或转发光电干扰信号，对光电设备实施压制或欺骗的干扰技术。空军常用的有：红外干扰弹（诱饵）技术，是具有一定红外辐射强度和频谱特征的弹药，用以欺骗、诱惑红外侦测系统或红外制导系统的技术；红外有源干扰技术，是用红外辐射压制、扰乱或欺骗红外探测和制导系统正常工作的技术；强激光干扰技术，是发射强激光能量，降低光电武器系统效能或使光电传感器失效的技术；激光欺骗干扰技术，是发射、转发或反射激光辐射信号，扰乱或欺骗激光测距、观瞄、跟踪或制导系统，使其得出错误的角度或距离信息，降低光电武器系统使用效能的技术。②无源干扰技术。用无源干扰设备、器材，破坏和削弱光电侦测和光电制导武器系统正常工作的技术。空军常用的有：烟幕干扰技术，如在空中施放大量气溶胶微粒，改变电磁波的介质传输特性，实施对光电探测、观瞄、制导武器系统的干扰；光电隐身技术，是改变被保护目标的某些光电特征，使探测设备难以发现目标或探测能力下降；光电假目标技术，是在光波段制作与目标具有相似特征的器材，模拟军事设施、兵器等，使光电探测设备产生错误信息的技术。

对空军作战具有重要作用的电子干扰技术还有引信干扰技术、全球定位系统干扰技术、敌我识别干扰技术、联合战术信息分发系统干扰技术、导弹制导系统干扰技术、计算机对抗技术和遥测遥控干扰技术等。

第一次世界大战期间，出现了无线电通信干扰技术。第二次世界大战中，由于雷达的大量使用，作战飞机面临严重威胁，出现了雷达有源干扰技术和无源干扰技术。战后，随着电子技术、光电技术、航空航天技术、导弹技术、火控技术和计算机技术的飞速发展，以及光电和雷达控制的精确制导武器和C³I系统投入战场使用，出现新的电子干扰技术，如计算机对抗技术和联合战术信息分发系统干扰技术等。微电子、计算机、人工智能、信号处理和新材料合成等高新技术的广泛应用，使武器系统性能不断提高，抗干扰能力不断增强，电子干扰技术将得到进一步发展。　（姜　峰　黄登才）

yinxin ganrao jishu

引信干扰技术 (fuse jamming technique)　使对方导弹、炸弹、炮弹等的引信不能正常工作的电子干扰技术。分为无线电引信干扰技术和光电引信干扰技术。①无线电引信干扰技术。采用无线电干扰的方法，扰乱或破坏无线电引信正常工作。采用有源干扰时，发射带有目标信息的干扰信号，使引信收到信号后产生误判，在到达引爆距离前起爆。采用无源干扰时，在目标的前方抛撒大量的无源箔条，形成大范围的箔条云，引信收到箔条云反射信号后，误判为目标信号而起爆。②光电引信干扰技术。使用光电干扰，扰乱或破坏光电引信正常工作。分为激光引信干扰和红外引信干扰。激光引信有源干扰通常采用转发式距离欺骗干扰方式，激光干扰机接收到来袭武器引信信号后，

转发激光干扰信号，使激光干扰信号在起爆距离前进入引信的接收视场，形成距离欺骗，使引信提前引爆。激光引信无源干扰一般采用阻断式的目标欺骗干扰方式，在目标警戒系统的引导下，发射无源干扰物，形成假目标，阻断激光引信与目标之间的光路传输，同时反射激光引信的发射信号，形成有效的目标欺骗。红外引信干扰是通过红外诱饵欺骗和红外干扰机实现的。实施红外诱饵欺骗时，投放红外干扰弹，产生强烈的红外辐射，使红外引信提前起爆。红外干扰机发出类似飞机发动机喷口及其排气的峰值辐射频谱范围的高强度红外辐射，使红外引信提前起爆。

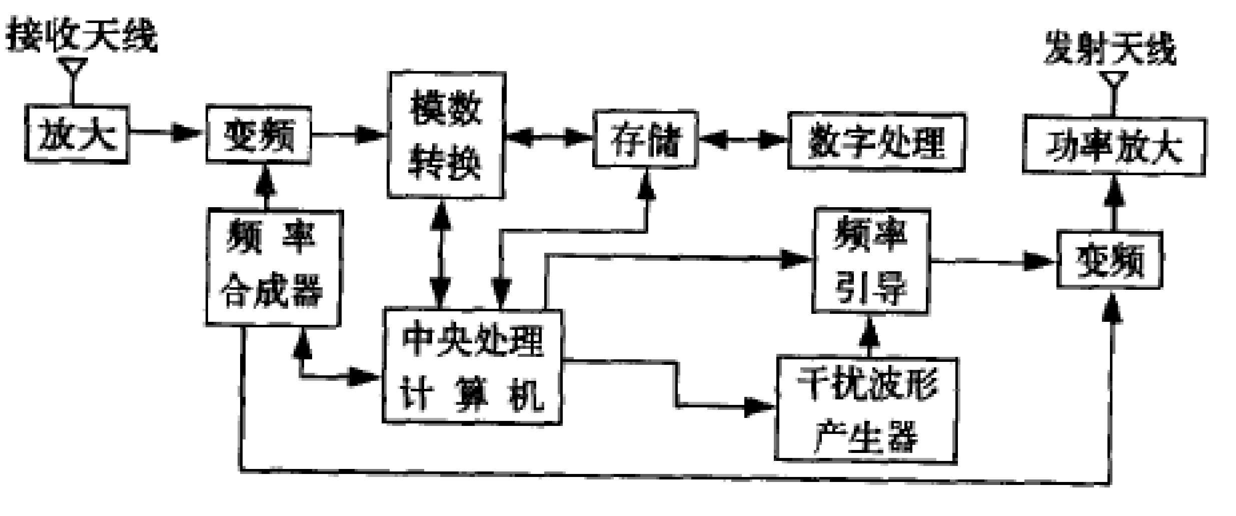
（王庆元）

quanqiu dingwei xitong ganrao jishu

全球定位系统干扰技术 (GPS jamming technique) 对全球定位系统接收设备实施电子干扰的技术。目的是使依靠该系统进行导航和定位的飞机、导弹等武器系统及人员难以进行精确导航和定位。主要有单频（窄带）瞄准干扰技术和相关干扰技术。①单频瞄准干扰技术。使干扰功率抵消接收设备扩谱处理增益，接收设备码环和载波环失锁，造成接收设备无法进行正常定位。②相关干扰技术。使干扰载频瞄准信号载频，干扰和信号两者的伪码速率相近，干扰伪码序列和信号伪码序列相关，且要求互相关值最大。干扰过程（见图）是：接收的信号经放大、滤波，下变频到合适的中频，并将模拟信号变换成数字信号，进行存储；数字信号处理单元对直扩信号检测、分析；干扰波形产生器产生干扰调制信号，经频率引导、变频和功率放大，由定向天线发射；中央处理计算机对导航干扰系统进行控制和管理。

对全球定位系统采用多点分布干扰、大空域压制干扰和同时干扰多通道等技术，以对抗其接收设备可能采取的天线调零、接收设备与惯导交联和多种全球定位系统交联使用等抗干扰措施。

（齐子忠）



全球定位系统干扰过程示意图

diwo shibie ganrao jishu

敌我识别干扰技术 (IFF jamming technique) 对作战对方敌我识别器实施电子干扰的技术。目的是使敌我识别器不能判别目标属性或产生错误判别。分为压制式和欺骗式干扰技术。①压制式干扰技术。通常采用噪声干扰。当发现和测定敌我识别询问信号并确认询问信号的存在后，启动噪声发射机，通过发射天线发射阻塞式干扰。由于询问与应答的工作载频不同，故难于实施瞄频噪声干扰，而多采用较宽频带的阻塞噪声干扰。噪声干扰的作用是压制询问器的接收机对正常应答信号的接收，使收不到应答信号或产生信号畸变。噪声还可能形成假码，使敌我识别器工作紊乱，无法分辨目标属性，达到干扰目的。②欺骗式干扰技术。常用多脉冲欺骗式干扰。侦察接收询问信号与应答信号，经分析后存入威胁数据库，当需要干扰时，则从数据库取出并复制、发射与应答信号相类似的欺骗信号，使询问器产生错误识别。

（王国宏）

lianhe zhanshu xinxi fenfa xitong ganrao jishu

联合战术信息分发系统干扰技术 (joint tactical information distributing system jamming technique) 削弱、阻断、破坏对方联合战术信息分发系统的通信、导航和识别功能的电子干扰技术。通常采用阻塞噪声干扰和欺骗干扰技术。①阻塞噪声干扰技术。以干扰信号频谱覆盖联合战术信息分发系统的大部分工作信道，即使系统跳变频率，使其仍然受到较长时间的噪声干扰。由于联合战术信息分发系统发射功率较大，跳频信道较多，且具有一定的处理增益，接收机采用自适应调零天线，通常需使用多部大功率干扰机实施干扰。②欺骗干扰技术。针对被干扰信号的传输特性和调制特性，发出欺骗干扰信号使通信接收机产生虚假的信息，传递错误的命令和数据。欺骗干扰技术干扰效果好，且不易被觉察。由于联合战术信息分布系统广泛采用跳频、跳时和扩频等技术，实施欺骗干扰较困难。

（王国宏）

daodan zhidao xitong ganrao jishu

导弹制导系统干扰技术 (missile guidance system jamming technique) 使对方导弹制导系统不能正常工作的电子干扰技术。包括对导弹雷达制导系统、指令制导系统、定位系统和光电制导系统等的干扰。对导弹雷达制导系统干扰，通常用欺骗性干扰，主要有距离欺骗干扰、速度欺骗干扰、角度欺骗干扰、复合欺骗干扰和诱饵等。对导弹指令制导系统和定位系统干扰，有噪声干扰、杂乱脉冲干扰和欺骗性控制指令干扰。对光电制导系统干扰，包括对红外、激光和电视制导系统的干扰。对红外制导系统常用干扰有：投放与被保护目标红外特性相似的红外诱饵弹；使用红外干扰机发射红外干扰信号。对激光制导系统常用干扰有：发射强激光，使光电探测传感器饱和甚至烧毁或使观瞄人员致眩；发射编码激光束，欺骗诱惑激光探测系统。对电视制导系统干扰有：烟幕屏蔽、强激光致盲光电传感器等。导弹制导系统干扰技术是伴随着导弹武器的广泛使用而诞生和发展的，随着导弹制导系统抗干扰能力的提高，对导弹制导系统的干扰技术将向综合化、智能化和自适应方向发展。

（周骥怀）

jisuanji duikang jishu

计算机对抗技术 (computer warfare technique) 为削弱、破坏对方计算机系统（网络）的有效使用，保障己方计算机系统正常工作的技术。包括计算机侦察技术、计算机攻击技术和计算机防御技术。

计算机侦察技术 搜索、截获和分析对方计算机系统中网络节点发送的信息、数据流，获取节点位置、类型和用途等情报。主要采用黑客手段，通过对计算

机程序解密，窃取网络信息。

计算机攻击技术 削弱、破坏、摧毁对方计算机系统效能，主要包括对计算机硬件、软件的干扰和摧毁。通常有：①计算机病毒。用人为编制具有破坏性的程序，使计算机系统运行混乱。具有传染性、潜伏性、隐蔽性和破坏性等特点。②黑客入侵。闯入计算机系统，施放病毒和大量垃圾数据使计算机及网络部分或全部瘫痪。③逻辑炸弹。按一系列特定条件设计，蓄意埋置在计算机系统内部的一段特定程序或代码，在一定条件下触发，造成系统混乱。

计算机防御技术 保护己方计算机系统和网络的安全，确保信息的获取、传递、处理和使用。主要有：①防计算机病毒。一般采用客户机和服务器的防病毒和杀病毒处理。②防黑客。通过将访问的网址缩小到一定范围，然后认定访问者的性质，截断其非法闯入。对直接和间接网络入侵应及时跟踪并予以反击。③设置防火墙。设在被保护网络和外界之间的一道屏障，防止发生不测事件和潜在的破坏性入侵，保护网络及内部信息资源的安全。④信息安全技术措施。控制重要信息传播范围和方式，设置信息安全保密，软、硬件对信息加密、鉴别和控制。

（刘超英）

yaoce yaokong ganrao jishu

遥测遥控干扰技术 (telemetering and remote control jamming technique) 扰乱对方遥测遥控系统、设备正常工作或削弱其工作效能的电子干扰技术。目的是通过对武器系统的测控信道实施干扰，使测控对象产生错误动作。主要技术包括实时搜索截获测控信号并解调、解密、分析和处理，确定最佳干扰参数（干扰频率、干扰样式等）。遥测、遥控干扰设备应具有较强的信号快速解码、解密能力。需采用频率、方位宽开，快速截获、分析的信号接收技术和针对性强的干扰技术。干扰方式有：分段式宽频段干扰；对直接序列扩频信号干扰；具有较好频率瞄准精度的单频或窄带信号瞄准干扰；阻塞式大功率干扰；多址、多径及其多重组合干扰。由于电波传输受视距的限制，地面侦察干扰站侦收作用距离近，使用机载遥测遥控干扰设备，侦收干扰距离较远。

（张壮生）

fanfushe gongji jishu

反辐射攻击技术 (anti-radiation attacking technique) 引导反辐射武器系统跟踪辐射源并对其实施攻击的技术。主要包括反辐射武器引导技术、记忆技术和飞行控制技术。①引导技术。是反辐射攻击技术的核心。主要有小型化、高灵敏度、高精度、超宽带接收测向技术，自适应搜索与跟踪技术，抗诱饵技术，可编程技术。②记忆技术。在辐射源开机时，由导引头给出角坐标并用算法改善测角精度，算出应跟踪的轨迹坐标。在辐射源关机时，采用波束方向记忆或捷联式惯性导航技术，沿预测轨迹引导反辐射武器继续攻击辐射源。③飞行控制技术。根据导引头提供的控制指令和惯性导航系统提供的反辐射武器姿态信息，通过飞行控制系统，按照一定的制导规律计算并形成控制信号，通过舵机来改变反辐射武器的飞行方向。美国空军于20世纪60年代装备的“百舌鸟”（MGN-45A）反辐射导弹，频率覆盖范围窄，导引头灵敏度低，对雷达测量精度低，无记忆功能，命中概率低。80年代装备的高速“哈姆”（MGN-88A）反辐射导弹，频率覆盖范围宽，飞行速度快，导引头信号处理能力强，可攻击具有频率捷变等复杂信号的雷达。

（尹以新）

kongjun dianzi fangyu jishu

空军电子防御技术 (air force electronic defense technique) 在电子对抗条件下，保障空军电子信息系统、设备正常工作的技术。*空军电子对抗技术*的组成部分。分为电子反侦察技术、电子反干扰技术、*反隐身技术*和*抗反辐射攻击技术*等。

电子反侦察技术 防止电子信息系统、设备辐射的电磁信号及其特征参数被截获和利用。主要包括：①雷达反侦察技术。主要有：新频段，新体制，低旁瓣（或超低旁瓣）天线，复杂信号，频率捷变，功率管理，无源探测等。②通信反侦察技术。主要有：跳频，扩频，猝发通信，定向通信，功率控制，信息加密，采用新体制等。③光电反侦察技术。主要有：减少空间辐射范围，编码调制，设置假目标，采用新体制等。

电子反干扰技术 消除或削弱电子干扰的影响，保障电子信息系统、设备正常发挥效能。主要包括：①雷达反干扰技术。主要有：增大发射功率，空间陷波，频域陷波，极化选择，波形选择，最佳接收，加装电路，采用新体制、新算法等。②通信反干扰技术。主要有：跳频，直接序列扩频，猝发通信，定向通信，信号转发和分集，干扰陷波，信源信道编码，通信组网，自适应等。③光电反干扰技术。主要有：多波谱，编码，成像探测，目标识别，光电复合制导等。

反隐身技术 降低隐身效果或使其失效，实现对隐身*飞行器*等作战平台的有效探测与跟踪。主要包括：①雷达反隐身技术。主要有：频域反隐身，空域反隐身，极化反隐身等。②光电反隐身技术。主要有：对比度检测，多方位分布式探测，多波段、多模式侦察，目标特征识别等。

抗反辐射攻击技术 降低反辐射武器的攻击效能，保护各种电子信息系统、设备的安全。主要有：低旁瓣天线，雷达诱饵等。

随着毫米波、电视、红外、激光制导及其他高技术武器的大量出现，军用侦察卫星、通信卫星和导航卫星的成功运用，将进一步促进空军电子防御技术发展。

（吴志鹏 何明浩）

fanyinshen jishu

反隐身技术 (counterstealth technique) 降低飞机、导弹等目标的隐身效果或使其失效的技术。亦称反隐形技术。实现反隐身的途径有：采用多波段探测设备削弱对方的隐身能力，提高探测系统的探测能力，发展能够攻击隐身目标的武器等。包括雷达反隐身技术、红外反隐身技术、声波反隐身技术和可见光反隐身技术等。

针对各种隐身目标，空军重点采用雷达反隐身技术。①米波雷达。针对隐身*飞行器*外形结构、吸波涂层特性对工作频率的局限性，采用米波雷达使隐身技术效能降低。②双／多基地雷达。合理布站，使各接收站能够从不同方向接收来自隐身飞行器的散射回波。③空载、天基探测。采用机载、星载雷达对隐身飞行器雷达截面积无法减缩或者减缩不明显的侧面、背部及尾部进行探测。④多频段雷达组网。针对隐身飞行器频率隐身范围的局限性和隐身飞行器雷达截面积对姿态角变化敏感的特点，采用多频段雷达

组网合理部署，提高对隐身飞行器的探测概率。当雷达网中众多单基地雷达从不同方向观测隐身飞行器时，某些雷达可在瞬间获得较大雷达回波从而发现隐身飞行器，对雷达网中多部雷达的数据进行融合，可得到隐身飞行器的航迹。⑤频率分集雷达。用1部雷达对隐身目标发射不同频率的多个连续信号，每个频率的反射信号由独立的通道进行接收和处理。某一特定的隐身飞行器对某些频率照射反射信号较强，可被探测到。⑥超视距雷达。利用电磁波在电离层与地面之间的反射或电磁波在地球表面的绕射，对地平线以下的隐身目标实施超视距探测和跟踪。⑦多普勒雷达。多普勒雷达具有测定目标速度的能力，先进的高清晰度多普勒雷达可以探测出隐身飞机机翼产生的涡流，从而间接地探测出隐身飞机。⑧无源雷达。通过接收隐身飞行器携带的通信、导航、敌我识别、雷达等电子信息系统、设备和电子干扰设备辐射的电磁信号，对其进行探测、跟踪和定位。⑨相控阵雷达。利用功率合成技术和大压缩比脉冲压缩技术，增大雷达的发射功率，提高雷达作用距离，是探测隐身目标的有效手段之一。⑩逆合成孔径雷达。应用逆合成孔径雷达对一段航迹上各点回波的幅度和相位信息相参处理，提高雷达反隐身能力。

随着隐身技术的发展，新的反隐身技术将得到应用。如：①激光雷达。隐身目标对激光没有明显的隐身效果。激光雷达波长短、光束质量高、定向性强，分辨力高，对目标具有识别、姿态显示和轨道记录等功能。当其采用小孔径天线低仰角工作时，能跟踪低空和超低空飞行的隐身飞行器。②极化反隐身。利用隐身飞行器雷达截面积与电磁波极化的关系，通过改变雷达发射极化的方向，使隐身目标雷达截面积达到最大值，从而增大飞行器雷达截面积。③谐波雷达。根据雷达波照射到大多数目标时，除直接产生反射回波外，还产生谐波再辐射的原理，以隐身飞行器辐射出与入射波频率相同的谐波信号作为回波信号进行探测。④宽频带或超宽频带雷达。其带宽至少为中心频率的50%，由于隐身目标对付雷达波的频率范围有限，可被超宽带雷达波中某种频率的电磁波探测到。⑤超导探测。超导电阻对温度非常敏感，可用来研制探测隐身目标的超导探测器。

红外反隐身、声波反隐身和可见光反隐身是降低红外隐身、声波隐身和可见光隐身效果或使其失效的技术。

反隐身技术的发展趋势是实现多种探测器的一体化，同时发展新技术，提高信号处理能力，形成多功能、多频谱的探测系统。（王冰切 朱元清）

kangfanfushe gongji jishu

抗反辐射攻击技术 (counter antiradiation attacking technique) 对反辐射攻击进行防御的技术。主要包括诱偏技术、诱骗技术和低截获概率技术等。①诱偏技术。主要有多点源相干诱偏，指在雷达附近配置多个诱饵辐射源，其辐射波形、频率等与雷达一致并能模仿雷达的各种特征，将来袭的反辐射武器诱偏。②诱骗技术。主要有非相干多点源诱骗，指在雷达附近合理布置假雷达辐射源，用来诱骗反辐射武器。③低截获概率技术。主要有宽带自适应频率捷变，低旁瓣和方向图自适应控制，扩谱波形和低峰值功率辐射，极化分集、频率分集和脉冲重复频率跳变，相位编码波形。俄罗斯联邦为多种地面防空雷达研制了专用诱饵，将来袭的反辐射导弹引向诱饵或其附近区域。美国的AN/APQ-53相控阵雷达采用多项低截获概率技术，并配备诱偏系统，具有很强的抗反辐射攻击能力。20世纪90年代以来，美国、法国等国家将激光技术用于拦截反辐射武器。

（尹以新）

kongjun dianzi duikang zhuangbei

空军电子对抗装备 (air force electronic warfare equipment) 空军用于电子对抗侦察、电子干扰和反辐射攻击的装备。空军装备的重要组成部分。按装载平台分为航空电子对抗装备和地面电子对抗装备。按装备类型分为空军雷达对抗装备、空军通信对抗装备、空军光电对抗装备。按用途分为电子对抗侦察装备、电子干扰装备和反辐射武器。①电子对抗侦察装备。用于搜索、截获、分析和识别电磁辐射信号，获取电子信息系统、设备的工作参数、类型、用途和配置等战术技术情报及有关作战企图的军事情报，为拟制电子对抗行动计划、实施威胁告警、引导干扰和反辐射攻击及发展电子对抗装备提供依据。主要装备有雷达对抗侦察装备，通信对抗侦察装备，雷达、光电告警设备和导弹逼近告警设备。②电子干扰装备。用于对电子信息系统、设备进行干扰压制和欺骗，降低其工作效能。分为有源干扰设备和无源干扰设备（器材）两类。有源干扰设备辐射一定形式的电磁干扰信号，压制、欺骗电子信息系统、设备。无源干扰设备（器材）用反射或吸收电磁波的材料，压制、欺骗雷达和光电设备。电子干扰装备主要有通信干扰装备、雷达干扰装备、红外干扰装备和激光干扰装备。③反辐射武器。用于攻击电磁辐射源。主要有反辐射攻击飞机、反辐射无人机、反辐射导弹和反辐射炸弹等。

空军电子对抗装备产生于第二次世界大战期间。美国、英国空军先后装备了专用的无线电侦察机、无线电干扰机、雷达告警设备及无源干扰设备（器材）。20世纪60年代以后，电子对抗装备广泛采用计算机和数字技术，提高了在复杂电磁环境中对电磁辐射信号的截获、处理能力和自动化程度。以计算机为核心，将电子对抗侦察、电子干扰和反辐射攻击有机结合，组成了综合、多功能、自动化的电子对抗系统。随着电子信息技术的发展，将更加广泛地采用小型高速计算机，开发信号处理能力强、反应速度快、功能多并适应复杂电磁环境的智能化、一体化的电子对抗装备和系统。

（方 正 邵家园）

hangkong dianzi duikang zhuangbei

航空电子对抗装备 (aviation electronic warfare equipment) 用于从空中对电子信息系统、设备实施电子对抗侦察、电子干扰和反辐射攻击的装备。包括电子对抗飞机、电子对抗直升机、电子对抗无人机及机载（气球载）电子对抗设备。

电子对抗飞机按用途分为电子对抗侦察飞机、电子干扰飞机和反辐射攻击飞机。电子对抗直升机分为电子对抗侦察直升机、电子干扰直升机和反辐射攻击直升机。电子对抗无人机分为电子对抗侦察无人机、电子干扰无人机、反辐射攻击无人机和电子对抗诱饵无人机。

机载（气球载）电子对抗设备是装在作战飞机、直升机、无人机（气球）上，用于实施电子对抗的设备和其他制式器材。

按用途分为电子对抗侦察设备和电子干扰设备（器材）。①电子对抗侦察设备。按侦察的对象或功能的不同，可分为无线电通信对抗侦察、测向设备，雷达对抗侦察设备，威胁告警设备（雷达、光电和综合告警设备）等。主要用于搜索、截获、分析、识别雷达和通信等电子信息系统的电磁辐射信号，以获取其技术参数、部署等电子对抗情报。②电子干扰设备（器材）。通常分为有源电子干扰设备和无源电子干扰设备（器材）。主要用于对雷达和通信等电子信息系统实施压制或欺骗干扰，以削弱、破坏其工作效能。（刘永坚）

dianzi duikang zhencha feiji

电子对抗侦察飞机 (electronic warfare reconnaissance aircraft) 专门用于电子对抗侦察的飞机（见图）。主要用于对电子信息系统、设备的辐射信号进行搜索、截获、分析、识别，记录并对辐射源测向定位，获取电子对抗情报。具有机动性好、侦察范围广和获取信息量大等优点。包括有人驾驶和无人驾驶电子对抗侦察飞机。通常由轰炸机、歼击机和运输机等改装而成，也有专门研制的电子对抗侦察飞机。其机载侦察设备由截获、分析、记录、显示等分系统组成。对所获情报信息处理方式主要有两种：一种是机载侦察设备对所获情报信息只进行初步分析，做好存储记录，待飞机返回地面后再进行深入分析处理；另一种是在侦察的过程中，将所获信息实时处理传输给作战平台或传输给地面情报中心进行处理。



美国空军 RC－135 电子侦察飞机

（张新相）

dianzi ganrao feiji

电子干扰飞机 (electronic jamming aircraft) 装备电子干扰设备和器材，专门执行电子干扰任务的飞机。主要用于干扰压制对方防空体系内的对空情报雷达、火控雷达和无线电通信设备，掩护航空兵突防。通常用轰炸机、攻击机、运输机和无人机等改装而成。如美国军队的EA－6B（见图）和俄罗斯联邦空军的雅克－28P等电子干扰飞机。有内装和外挂吊舱两种改装方式。装有宽频带大功率有源干扰、无源干扰、侦察引导和自卫电子对抗一体化的电子对抗系统，有的还携带反辐射导弹。基本工作程序是将接收到的信号经过计算机处理后，引导干扰设备施放有源和无源干扰，破坏或削弱对方防空系统效能。第二次世界大战期间，有了简单的电子干扰飞机。战后得到了迅速发展，在历次局部战争中发挥了重要作用。随着高新技术的发展，电子干扰飞机将进一步提高智能化、多功能一体化及自适应能力。（刘成勋）



美国 EA－6B 电子干扰飞机

fanfushe gongji feiji

反辐射攻击飞机 (antiradiation attack aircraft) 装备反辐射武器系统，专门执行反辐射攻击任务的飞机（见图）。曾称反雷达飞机。主要用于攻击对方防空体系火控雷达、对空情报雷达及其载体，支援己方航空兵突防。通常由作战飞机改装，装有攻击引导系统和反辐射导弹。基本工作程序是：攻击引导系统收到辐射源信号后，识别出类型，测出位置，引导反辐射导弹跟踪、锁定辐射源并对其实施攻击。反辐射攻击飞机从20世纪60年代越南战争中首次使用以来，在历次局部战争中发挥了重要作用。早期的反辐射攻击飞机有美国空军的F－4G。未来反辐射攻击飞机将进一步提高机动性、引导精度、抗关机能力和杀伤威力。（刘成勋）



美国空军 F－16CJ 反辐射攻击飞机

dianzi duikang zhishengji

电子对抗直升机 (electronic warfare helicopter) 专门用于对电子信息系统、设备实施电子对抗侦察、电子干扰和反辐射攻击的直升机。包括电子对抗侦察直升机、电子干扰直升机和反辐射攻击直升机。电子对抗侦察直升机装有宽频带电子对抗侦察设备，通过对电磁信号的侦收、分析、识别、定位，获取电子对抗情报；电子干扰直升机（见图）装有大功率干扰设备、无源干扰投放装置和侦察引导接收设备，用于对雷达和通信等电子信息系统、设备实施电子干扰，削弱、破坏其工作效能。反辐射攻击直升机装有侦察引导接收



美国EH－60A“快定Ⅱ”电子干扰直升机

设备和反辐射武器，主要用于攻击对方地面防空体系内的火控雷达和目标指示雷达。（刘永坚）

dianzi duikang wurenji

电子对抗无人机 (electronic warfare unmanned aircraft) 专门用于对电子信息系统、设备实施电子对抗侦察、电子干扰、电子诱饵和反辐射攻击的无人机（见图）。与有人驾驶电子对抗飞机相比，无人员损失的危险，成本低，机动灵活，使用方便。分为电子对抗侦察无人机、电子干扰无人机、电子对抗诱饵无人机和反辐射攻击无人机。①电子对抗侦察无人机。根据作战任务，加装不同的电子侦察设备，执行战场战术电子对抗侦察任务。主要侦察对象是防空体系指挥通信系统和地面火控雷达及目标指示雷达。②电子干扰无人机。按照作战任务，加装不同的干扰设备，主要执行近距离支援干扰任务和电子干扰伴动任务。干扰对象通常是指挥通信系统和对空情报雷达、地面火控雷达。③电子对抗诱饵无人机。采用特定外形，或加装角反射器或龙伯透镜等，增大无人机的雷达反射面积，以回波增强方式形成假目标；或接收、放大和转发雷达信号，通过编程，不仅能复制各种雷达信号的特征，而且能模拟战术飞机的飞行剖面。④反辐射攻击无人机。装有反辐射导引头和战斗部，发现、跟踪和摧毁雷达等辐射源。（姜　峰）



美国电子对抗无人机

dianzi duikang diaocang

电子对抗吊舱 (electronic warfare pod) 装有电子对抗设备并外挂在作战飞机、直升机上的专用舱体。可挂在飞机机翼、机腹或翼尖的挂架上（见图），不占用飞机内部空间。主要有：①电子对抗侦察吊舱。主要用于对雷达进行电子对抗侦察，获取电子对抗情报。②电子干扰吊舱。主要用于对电子信息系统、设备进行电子干扰。通常为有源电子干扰吊舱和无源电子干扰吊舱。③光电对抗吊舱。主要用于光电告警和对光电系统进行光电干扰。④多用途干扰投放吊舱。能投放箔条、红外干扰弹和投掷式干扰机，用于干扰电子信息系统和光电系统。



台湾当局空军F－16MLU挂载的AN/ALQ－184电子干扰吊舱

电子对抗吊舱通常由壳体、电子对抗设备、冷却系统和电源系统组成。吊舱壳体由强度高、重量轻的材料制成，具有良好的气动外形，以减少空气阻力；电子对抗设备采用模块化、小型化设计，便于吊舱装载；冷却系统采用空气或液体制冷，保证电子对抗设备正常工作；电源系统由载机电源供电或自备电源供电，自备电源通常采用风力发电机。典型的电子对抗吊舱工作过程是：接收机在特定波段上搜索、截获照射飞机的雷达信号，由信号处理机对接收机截获的雷达信号进行分析并测量其特征参数，按照预先编好的程序同存储在数据库中的威胁雷达参数进行比较，判定其威胁程度，以确定对哪些威胁信号进行干扰，选择最佳干扰样式，控制干扰发射机通过天线发射干扰电磁波。

电子干扰吊舱的主要特点是：①改装简单，易在现役作战飞机上加挂，能快速形成电子对抗战斗力。②通用性强，同一吊舱可用于多种型号作战飞机。③可维修性好，吊舱发生故障时，可快速更换整件，不会影响作战飞机的整体作战能力，能适应快速反应的要求。④加挂吊舱，会降低飞机的机动性能。

20世纪50年代初，美国空军装备投放箔条的无源电子干扰吊舱。60年代越南战争中，美国空军使用有源电子干扰吊舱QRC－160。60年代中期以后，一些国家空军装备多种雷达有源干扰吊舱、无源干扰投放吊舱和光电对抗吊舱。80年代以来，许多国家空军大量装备各类电子对抗吊舱。新一代电子对抗吊舱在模块化、大功率、宽频带、快速反应和具有自适应能力的基础上向多功能一体化方向发展。（李　晖）

jizai dianzi duikang shebei

机载电子对抗设备 (airborne electronic warfare equipment) 装在作战飞机、直升机上，用于电子对抗侦察和电子干扰的设备。具有体积小、重量轻、效率高、覆盖频域宽、灵敏度高、动态范围大、分析

处理功能强和自动化程度高等特点。包括电子对抗侦察设备和电子干扰设备。①电子对抗侦察设备。用于搜索截获、分析识别电磁辐射信号，获取电子信息系统、设备的参数、类型、用途及部署等情报。由天线（传感器）、接收机、信号分析处理装置和控制器等组成。可单独使用，获取电子对抗情报；也可同电子干扰设备结合使用，组成电子对抗系统，引导控制电子干扰设备；还可同反辐射武器结合使用，引导攻击辐射源。按侦察功能分为通信对抗侦察设备、雷达对抗侦察设备和光电对抗侦察设备。②电子干扰设备（器材）。用于对电子信息系统、设备进行压制或欺骗，削弱其工作效能。分为通信干扰设备、雷达干扰设备和光电干扰设备。按干扰作用分为压制性干扰设备和欺骗性干扰设备。按工作机理分为有源干扰设备和无源干扰设备（器材）。有源干扰设备通常由收发天线、侦察引导接收机、干扰发射机、调制器和控制器等组成，无源干扰设备（器材）包括投放装置和干扰器材。干扰器材是利用反射、散射或吸收电磁波的材料制成的制式器材。主要有箔条、角反射器、介质透镜反射器、烟幕发生器、气溶胶发生装置和电磁波吸收材料、涂料等。

第二次世界大战期间，英国、美国、德国、苏联等国家先后在飞机上装备了电子对抗设备以及铝箔片、干扰带、干扰丝和角反射器等。此后，在历次局部战争中，参战各国空军广泛使用机载电子对抗设备。20世纪70年代之后，广泛采用模块化、集成化和积木化，以及计算机技术等，提高了机载电子对抗设备在密集、复杂的电磁环境中对信号的分选处理能力和自动化、综合化程度。随着技术的进步，将不断发展对抗新体制的通信和雷达的电子对抗设备。（卢立成）

leida duikang zhuangbei

雷达对抗装备 (radar electronic warfare equipment) 空军用于对雷达进行电子对抗侦察、电子干扰和反辐射攻击的装备。空军电子对抗装备的组成部分。包括雷达对抗侦察装备、雷达干扰装备和反辐射攻击装备等。

雷达对抗侦察装备　用于搜索截获对方雷达发射的信号，测量分析信号的特征参数，测向定位和识别雷达的类型并判断其威胁程度，获取战术技术情报。分为雷达对抗情报侦察装备、雷达对抗支援侦察装备。①雷达对抗情报侦察装备。用于对雷达进行长期侦察监视，获取雷达全面准确的战术技术情报，为雷达对抗数据库提供所需的数据，为制定雷达对抗发展规划提供依据。②雷达对抗支援侦察装备。包括用于引导和控制雷达干扰的侦察设备，用于为作战飞机提供威胁告警信号的雷达告警设备和引导反辐射武器攻击的雷达侦察设备。雷达对抗侦察装备具有适应高度密集复杂的电磁信号环境，频域和空域覆盖范围宽，截获概率和测量精度高，分选识别能力强，动态范围大及自适应能力强等特点。

雷达干扰装备　用于干扰对方雷达的电子设备。分为有源和无源干扰装备。①有源干扰装备。通过发射或转发各种调制样式的干扰信号，压制或欺骗雷达。按技术体制分为引导式干扰机、回答式干扰机和双模干扰机。引导式干扰机通常配有侦察设备，进行频率、方向引导，产生连续噪声，实施压制性干扰；回答式干扰机主要用于实施欺骗性干扰，分为转发式和应答式两种，前者是将接收的雷达脉冲信号，经干扰调制和功率放大后发射出去，后者是用接收的雷达脉冲信号控制干扰信号；双模干扰机具有脉冲干扰和连续干扰两种样式，既可实施欺骗性干扰，又可实施压制性干扰。雷达有源干扰设备具有干扰功率适度，频域和空域覆盖宽，引导精度高，反应时间短和适应复杂信号环境的能力强等特点。②无源干扰装备。本身不发射电磁波，通过干扰器材吸收、反射、散射和折射电磁波来减弱雷达探测能力，压制或欺骗雷达。主要有箔条、角反射器、龙伯透镜反射器、气悬体和电磁波吸收材料等。无源干扰装备具有通用性强，制造简单和使用方便等特点。

反辐射攻击装备　利用对方雷达发射的电磁波，寻的和攻击雷达。包括空地、地空、空空、地地反辐射导弹系统和反辐射无人机等。反辐射攻击武器具有频率覆盖范围宽，命中精度高，对抗能力强等特点。

第二次世界大战期间，空军雷达对抗装备随着战争和装备变化迅速发展。由功能简单、频段窄、手工操作的单一侦察、告警、干扰设备，发展成侦察、告警、干扰和摧毁相结合的雷达对抗系统。随着微电子技术和计算机技术的发展，为适应复杂多变的战场环境，雷达对抗装备向多功能、多频段、一体化、智能化和可同时对抗多个目标的方向发展。

（方　正　邵家国）

leida duikang zhencha zhuangbei

雷达对抗侦察装备 (radar electronic warfare reconnaissance equipment) 空军用于获取对方雷达战术技术参数的装备。主要功能是搜索、截获、分析和处理雷达发射的电磁信号，并对雷达进行测向、定位。由天线、接收机、信号处理器、控制器和显示记录装置等组成。基本工作原理是：天线接收的雷达高频信号送到接收机，接收机将高频信号变换成视频信号后，送往信号处理器，信号处理器完成对信号分选、分析识别和测量，并将处理结果送往显示器、打印或存储部件（装置）。主要战术技术性能有侦察空域、截获概率、反应速度、频率范围、灵敏度、测频精度、测向精度和动态范围等。

按装载平台分为星载、机载、地面（固定、车载、便携式）和投掷式侦察装备，空军主要使用机载和地面侦察装备。按担负的任务，分为情报侦察和支援侦察装备。情报侦察装备用于对雷达长期或定期侦察监视，全面搜集积累雷达的战术技术参数和有关军事情报，要求具有精确测量和分析雷达信号参数的能力。支援侦察装备用于为电子干扰、火力摧毁、机动规避等作战行动提供实时电子情报，要求具有快速反应能力。支援侦察装备有雷达告警设备和干扰、反辐射武器引导设备。雷达告警设备是作战飞机的自卫设备，用于快速发现雷达的照射，并根据威胁情况及时发出告警信号，以便采取干扰、规避等对抗措施，要求具有高截获概率和实时反应能力；干扰引导设备用于在频率、方向和干扰样式上引导干扰机实施干扰，要求具有实时截获、分析、识别雷达信号和快速精确引导能力；反辐射武器引导设备用于截获、识别雷达信号，测定雷达的位置，引导反辐射武器实施攻击，要求具有较高的测向定位精度。

第二次世界大战期间，雷达对抗侦察装备比较简单，采用人工操作。20世纪60年代以来，随着新体制雷达不断出

现，促进了雷达对抗侦察装备的发展，提高了密集、复杂信号环境下自动快速地进行信号分选、识别和决策能力。70年代，出现了多种技术体制结合使用的侦察装备。80年代，信道化接收机或声光接收机与超外差接收机结合使用的雷达对抗侦察装备已进入实用。

（李晓波）

jizai leida gaojing shebei

机载雷达告警设备 (airborne radar warning equipment) 安装在飞机、直升机上，用于截获、测量、分选、识别威胁雷达信号，实时以灯光、字符和音响方式告警的设备（图1）。主要用途是及时发现防空武器及来袭飞行器的火控雷达信号，以便载机适时采取有源、无源干扰和规避等自卫电子对抗措施。



图1 以色列MGN－80E机载雷达告警设备

组成与工作原理 主要由天线、接收机、信号处理器、显示器、控制器和电源等组成。基本工作原理（图2）是：4个宽频带测向天线互成90°安装在飞机上，接收照射载机的威胁雷达信号，实现360°全方位告警。晶体视频测向接收机内的高放（有的无高放）将天线送来的射频信号放大后，再由各路分配器分成4个频段，每个频段的信号经检波、放大后，输出该频段的交错脉冲串。信号处理器将各频段输出的脉冲串进行测量、分析处理，得出各威胁雷达的工作频段、信号幅度、脉冲宽度、脉冲重复频率、天线扫描特征和信号到达方向等技术数据，再与数据库中的已知威胁雷达的特征参数进行比较，识别出威胁雷达的型号、工作状态和威胁程度，排列出威胁等级，输出告警信号。显示器以灯光、字符方式实施告警（给出各威胁雷达的型号、工作状态、方向及大致距离）。飞行员可按需要进行操作，对威胁等级最高的雷达实施告警，或按威胁等级从高到低依次告警，使飞行员掌握载机周围的电磁态势。同时信号处理器输出音频信号实施音响告警。连续波接收机和制导信号接收机用于进一步判别制导雷达的工作状态，以便飞行员根据被告警导弹的性能实施对抗措施。控制器用于控制告警设备工作。机载雷达告警设备还能输出信号，控制干扰设备施放干扰或引导反辐射导弹实施攻击等。

主要性能指标 包括工作频段、告警空域、接收机灵敏度、动态范围、测向误差、反应时间、截获概率和告警方式等。典型的机载雷达告警设备主要战术技术性能为：工作频段0.5～18千兆赫，告警空域方位360°、俯仰±30°，接收机灵敏度优于－35分贝毫瓦，动态范围优于40分贝，测向误差10°左右，反应时间1秒钟左右，截获概率接近100%，告警方式灯光、字符和音响。

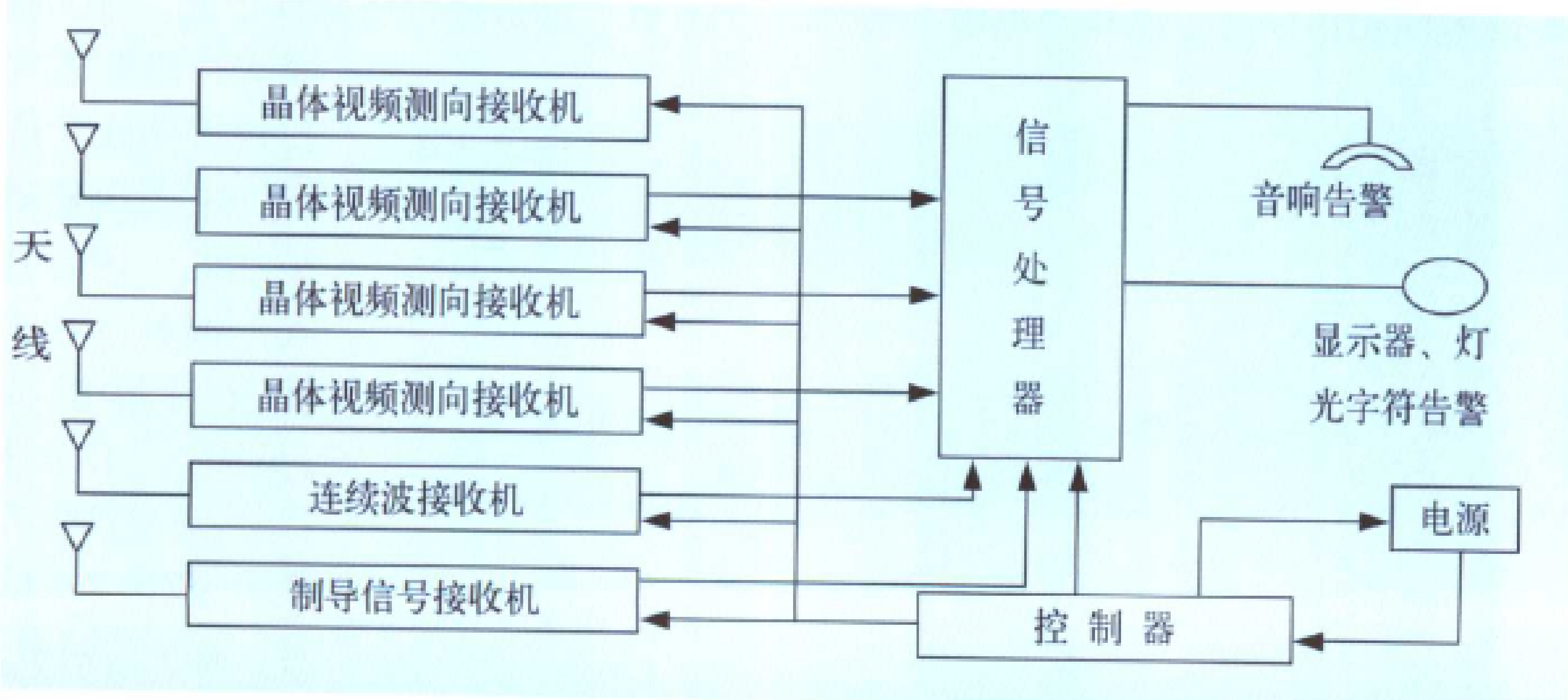


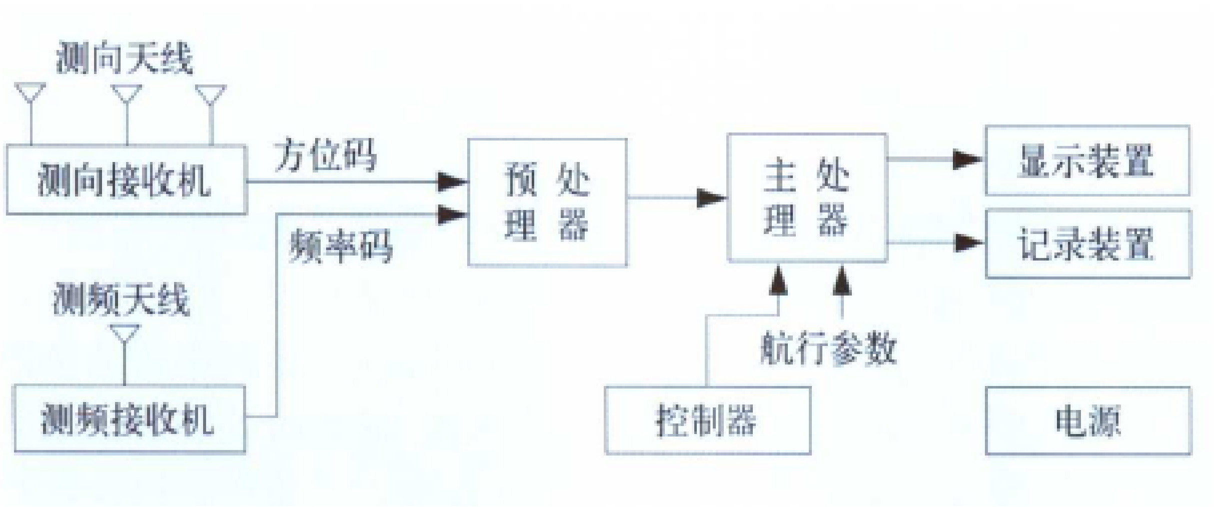
图2 机载雷达告警设备原理示意图

发展概况 第二次世界大战期间，美国、英国相继开始在作战飞机上安装简单的雷达告警设备。20世纪60年代初，雷达告警设备开始使用数字处理技术，增强了信号分析处理能力，随后采用宽带侦收、数字处理技术，使频率覆盖范围达到2～18千兆赫，能同时处理多部雷达信号。80年代以来，采用宽带接收机和窄带超外差接收机相结合的体制，减少了测频误差，增加了对毫米波雷达的告警能力，增强了对密集信号的适应能力，具有重编程能力，能同时显示多个辐射源的方向、类型、工作状态和威胁等级，能控制雷达干扰设备和箔条投放装置工作。未来，机载雷达告警设备将扩展工作频段，提高信号处理能力和系统响应速度，减少测向误差，向雷达告警、导弹逼近告警、激光告警一体化方向发展，发展各种平台通用的雷达告警设备。

（刘远玉）

jizai leida duikang zhencha shebei

机载雷达对抗侦察设备 (airborne radar electronic warfare reconnaissance equipment) 安装在飞机、直升机上，用于搜索、截获、测量、分选和识别对方雷达辐射信号的设备。主要由天线、测频接收机、测向接收机、预处理器、主处理器、控制器、显示装置和记录装置等组成（见图）。天线用于接收雷达信号，包括测频天线和测向天线。测频接收机用来测量雷达信号的载频。有搜索式测频和非搜索式测频两种体制。频率搜索接收机有慢速频率搜索的调谐超外差接收机和快速频率搜索的微扫（压缩）接收机。非搜索式测频接收机有晶体测频接收机、信道化接收机、瞬时测频接收机和声—光测频接收机等。测向接收机用于测量雷达信号到达方向。有采用锐方向性波束的搜索式测向和采用多个天线比幅、比相的非搜索式测向两种体制。预处理器将接收机输出的视频脉冲信号进行模数转换，测量信号的脉冲宽度、幅度和到达时间等参数，结合接收机测得的信号载频、到达方向，形成雷达脉冲描述字，对交错信号流进行分选，分离出各个雷达信号。主处理器接收处理预处理器输出的各个雷达信号，识别出雷达类型、属性和威胁程度，结合航行参数，对侦收的雷达辐射源进行定位。控制器控制全设备工作。显示

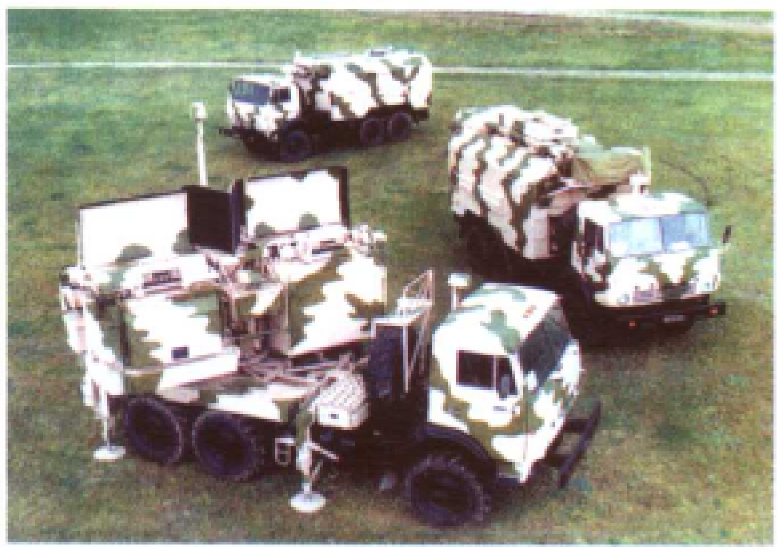


机载雷达对抗侦察设备组成示意图

装置将处理得到的各种信息，以字符、数字或图形在荧光屏上显示。记录装置将需要保存的数据，用磁带、磁盘和打印机等记录储存。（刘远玉　张丽琴）

youyuan leida ganrao zhuangbei

有源雷达干扰装备 (active radar jamming equipment)　空军用于对雷达实施有源电子干扰的装备。主要用途是压制、欺骗对空情报雷达和破坏火控雷达的跟踪。按工作原理分为压制性杂波干扰装备和欺骗性回答式干扰装备；按装载平台分为机载式、车载式（见图）、弹载式和投掷式干扰装备。



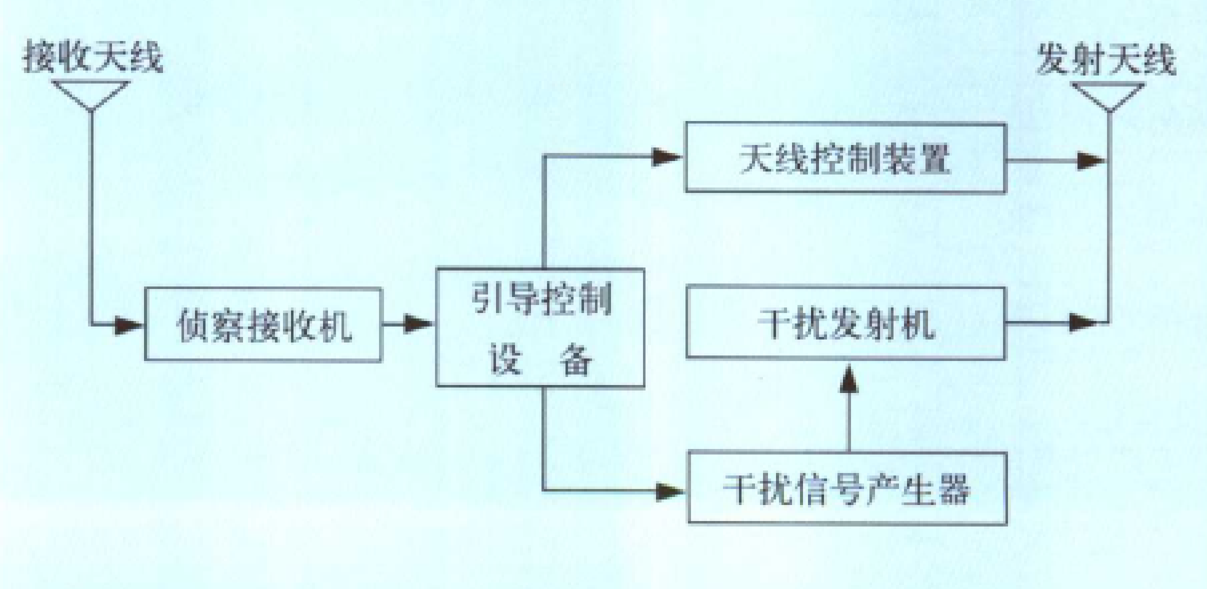
俄罗斯СПН车载雷达干扰装备

空军有源雷达干扰装备主要由侦察接收、干扰发射和系统管理3部分组成。①侦察接收部分。包括测频及测向天线、侦察接收机和信号处理器。作用是监视和分析战场电磁态势，侦收雷达信号，测量其参数，形成一系列雷达文件，送主控计算机，并且在干扰过程中监测雷达信号的变化。②干扰发射部分。包括干扰发射天线及波束控制系统、干扰引导控制设备、干扰技术产生器、功率管理单元。作用是根据系统管理计算机的命令和被干扰雷达的参数，分配干扰资源对雷达实施有效干扰。在干扰过程中根据侦收到的雷达参数的变化评估干扰效果，并根据干扰效果及时调整干扰技术。③系统管理部分。包括主控计算机及显示控制装置。作用是根据侦收到的雷达信号的参数对雷达进行识别，确定雷达的威胁等级，进行干扰决策。

有源雷达干扰装备的主要战术技术性能是干扰频段、干扰功率、干扰多目标能力、系统反应时间和适应信号环境的能力等。美国空军的AN/ALQ—99E是比较典型的有源雷达干扰装备，其干扰频段为0.064～18千兆赫，共分10个频段，由10部发射机组成，具有干扰多目标能力。空军有源雷达干扰装备出现在第二次世界大战后期，在战后历次局部战争中发挥了重要作用。随着计算机技术、微电子技术和大功率宽频带器件的发展和应用，有源雷达干扰装备在技术上将更趋完善。（周骥怀）

yindaoshi leida ganraoji

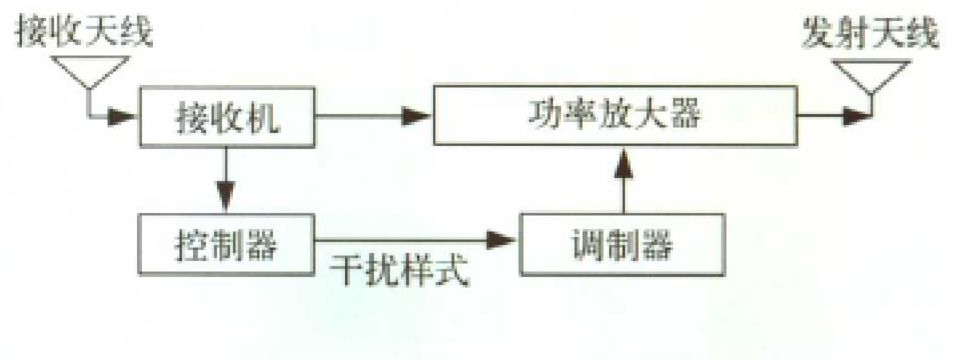
引导式雷达干扰机 (directed radar jammer)　干扰频率、方向和样式由侦察接收机引导及控制的雷达干扰设备。干扰样式主要是瞄准式噪声干扰。主要用于干扰预警雷达、目标指示雷达和火控雷达。通常由天线、侦察接收机、干扰信号产生器、引导控制设备和干扰发射设备等组成（见图）。工作过程是搜索、截获雷达信号，测定信号的频率和到达方向，测量信号参数，确定干扰样式，引导控制调谐干扰发射机的频率，控制干扰波束指向被干扰雷达，产生干扰调制信号，调制干扰发射机，产生大功率射频干扰信号，通过天线发射。主要技术性能指标是干扰频率范围、频率和方向的引导精度、引导速度以及有效辐射功率。（李一梅）



引导式雷达干扰机组成示意图

huidashi leida ganraoji

回答式雷达干扰机 (repeater radar jammer)　由接收的雷达信号触发而自动发射干扰信号的设备。主要用于干扰地空和空空火控雷达的自动跟踪系统，保护载机安全；也能施放假目标干扰，欺骗防空体系的预警探测系统。按产生方法，分为转发式干扰机和应答式干扰机。①转发式干扰机。通常由天线、射频放大器、干扰样式产生器、调制器、储频放大电路和功率放大器等组成。工作过程是将截获的雷达信号放大、调制，再发射出去。②应答式干扰机。通常由天线、接收机、控制器、调制器和功率放大器等组成（见图）。工作过程是将接收机瞬时测得的雷达信号，经处理后，通过干扰样式调制和功率放大发射出去。

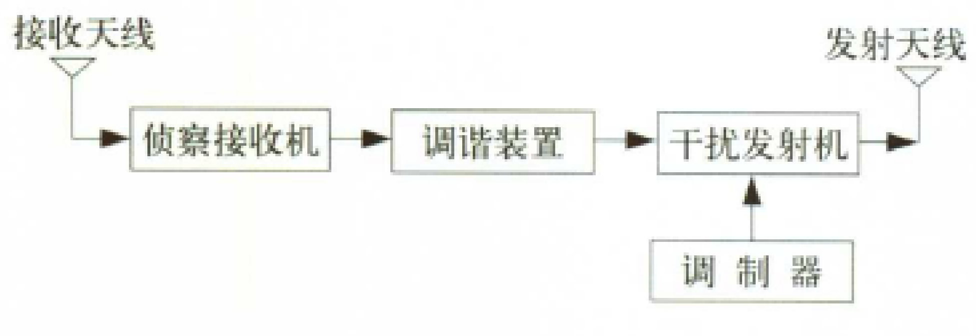


应答式干扰机组成示意图

回答式雷达干扰机能施放距离、角度和速度欺骗干扰及假目标干扰，也能施放压制性干扰，如噪声干扰、杂乱脉冲干扰等。主要技术性能指标是干扰频率范围、整机延迟时间和有效辐射功率等。（李一梅）

zabo ganraoji

杂波干扰机 (clutter jammer)　产生杂波干扰信号的有源电子干扰设备。用于对电子设备进行压制性干扰。分为瞄准式、阻塞式和扫频式杂波干扰机。主要由侦察接收机、调谐装置、调制器和干扰发射机组成（见图）。工作过程是：侦察接收机搜索、截获雷达信号，测量其频率，调谐装置将发射



杂波干扰机组成示意图

机调谐到辐射源信号的频率上，调制器产生杂波信号，并对干扰发射机进行调制，产生大功率调幅、调频或调相杂波干扰信号，通过天线发射。主要性能指标有干扰带宽、频率引导精度和有效辐射功率等。（齐子忠）

tuoye you'er

拖曳诱饵 (towed decoy) 由飞机用绳缆拖曳，距载机有一定距离的电子干扰设备（图1）。用于飞机自卫。可模拟被掩护目标的电磁特征，能有效对抗单脉冲、脉冲多普勒体制的火控雷达和寻的导弹。可以重复使用。由机上设备、收放装置、绳缆和诱饵组成。机上设备包括电子支援接收机、干扰信号产生器和电源等；收放装置包括绞盘和投放器；绳缆约有百米长，除了起拖曳作用外，还要输送电源和传输信号或数据。

20世纪80年代初期，产生了简单的回波信号转发器式的拖曳诱饵。80年代中期，美国空军装备了先进的“灵巧”拖曳诱饵，由于采用光缆，又称为光纤拖曳诱饵。光纤拖曳诱饵工作原理（图2）是将接收天线接收的信号进入干扰信号产生器，产生的信号被转换成光频信号，然后经过拖曳光缆送给诱饵，诱饵再把光频信号转换成射频信号，放大后发射出去。（姜 峰）


图1 美国空军AN/ALE－50拖曳诱饵

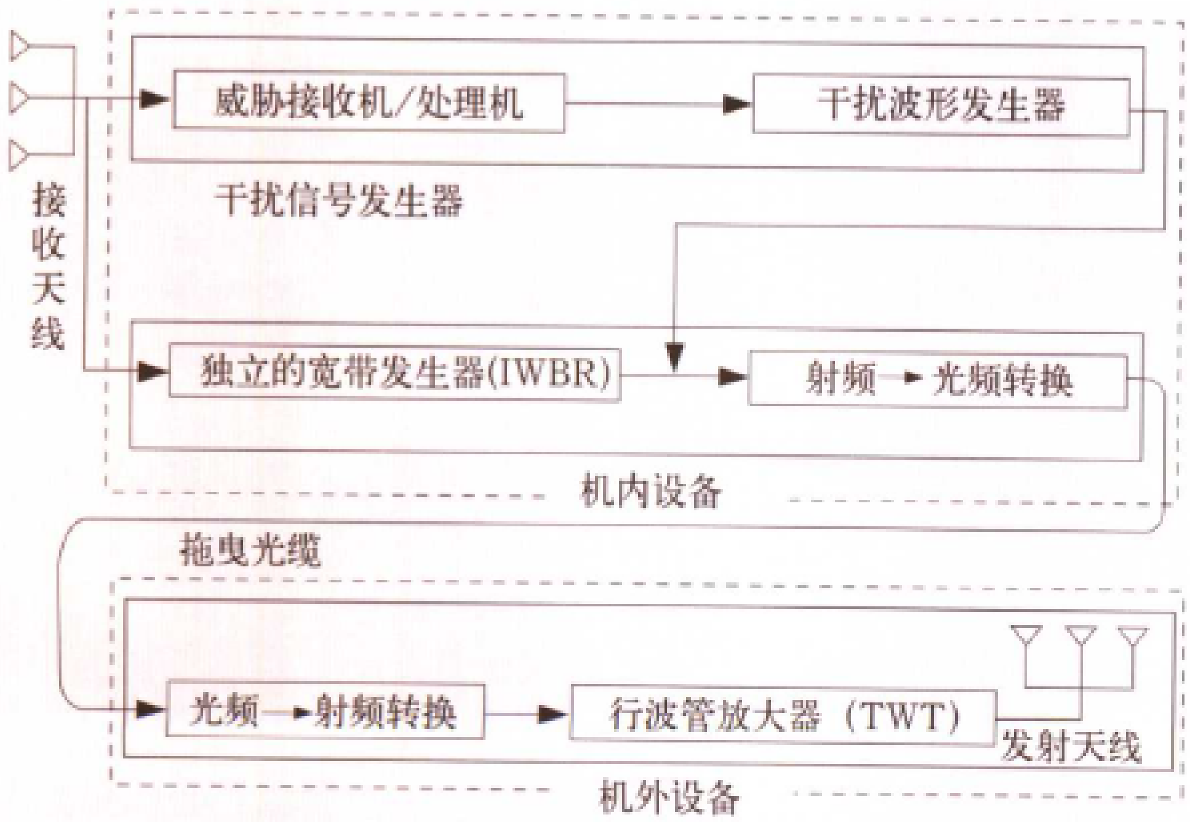


图2 光纤拖曳雷达诱饵原理示意图

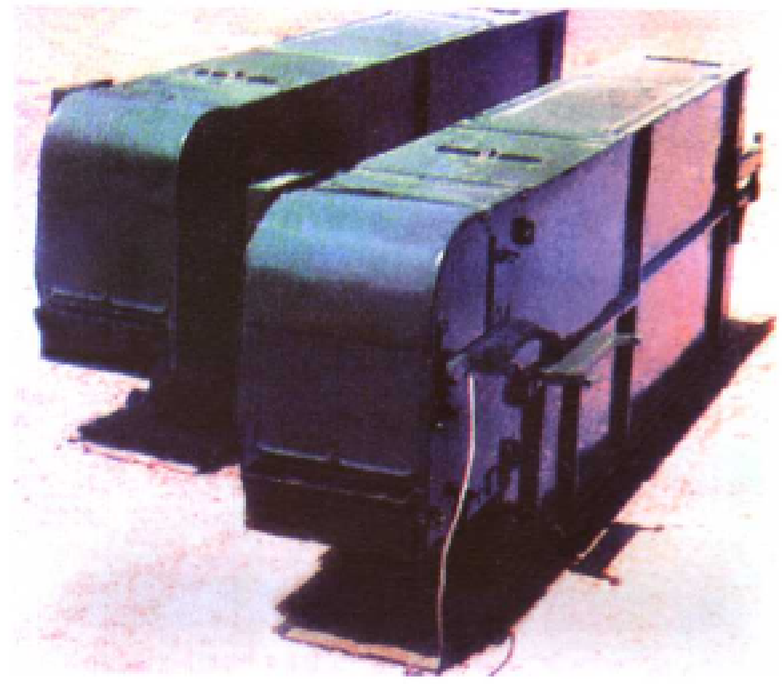
wuyuan leida ganrao zhuangbei

无源雷达干扰装备 (passive radar jamming equipment) 空军用于对雷达实施无源干扰的装备。具有适应性强、使用灵活、成本低的特点。分为无源干扰投放装置和无源干扰物。①无源干扰投放装置。装在航空器上投放（发射）无源干扰物的装置。分为机电式、气动式和引爆式投放装置。机电式投放装置是由电动机、投放机构（或弹射机构）构成；气动式投放装置是以压缩空气作动力的干扰物投放装置；引爆式投放装置是以爆炸的形式抛撒干扰物。②无源干扰物。通过反射、折射、散射和吸收雷达发射的电磁波，扰乱雷达对目标探测和跟踪的器材。主要有箔条、反射器、无源假目标、电磁波吸收材料以及气悬体等。

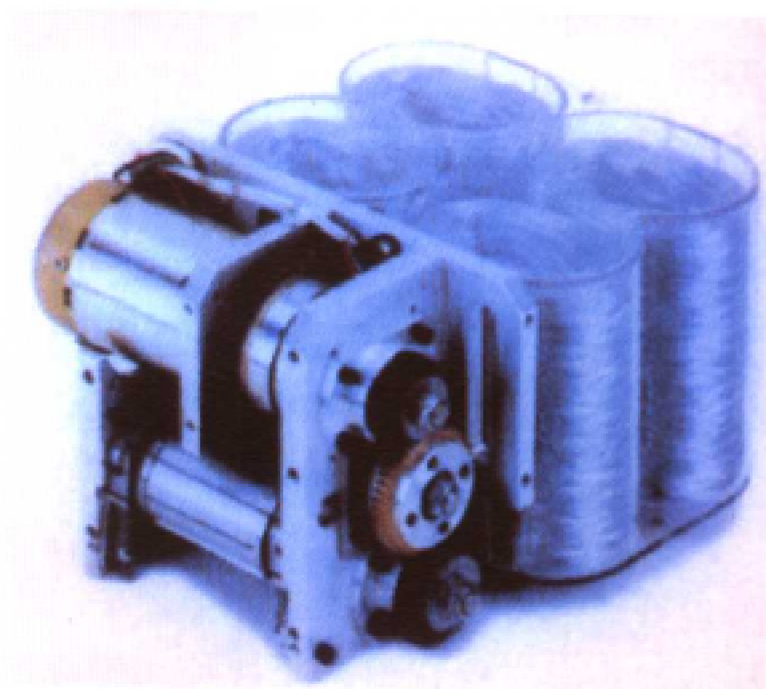
（刘飞虹）

wuyuan ganrao toufang zhuangzhi

无源干扰投放装置 (passive jamming dispenser) 装在航空器上投放（发射）干扰物的装置。常用的有机电式、气动式和引爆式投放装置。①机电式投放装置。


图1 苏联ACO－28机载无源干扰投放装置

靠电机驱动的投放装置（图1）。由电动机传动组件、投放机构和控制显示装置等组成。控制显示装置根据气象条件、载体速度、被干扰雷达的分辨单元和掩护目标的雷达截面积及干扰战术等，控制投放速度和投放方式，并显示投放数量。此类投放装置容量大，可装数百千克干扰物，用于大量连续投放，敷设干扰走廊和干扰屏障。自动切割投放装置是一种先进的机电式投放装置（图2），由测频、


图2 美国AN/ALE－54机载干扰丝自动切割装置

控制、供料及切割等部件构成，能根据测定的威胁信号频率，自动切割并投放相应长度的箔条丝。②气动式投放装置。以压缩空气或其他气体作动力的干扰物投放装置。由压缩气源、气动活门和控制显示等装置组成。具有较高的投放初速、节省电力、体积小等特点。③引爆式投放装

置。利用引爆火药产生的气体发射干扰弹的装置。由控制部分和若干个发射器组成。控制部分根据侦察信息决定发射干扰弹的品种、数量、时机和时间间隔等。干扰弹可单射、组射和齐射。控制方式有手控、自动和应急3种。如AN/ALE-47干扰物投放系统（图3）的装弹量由投放器

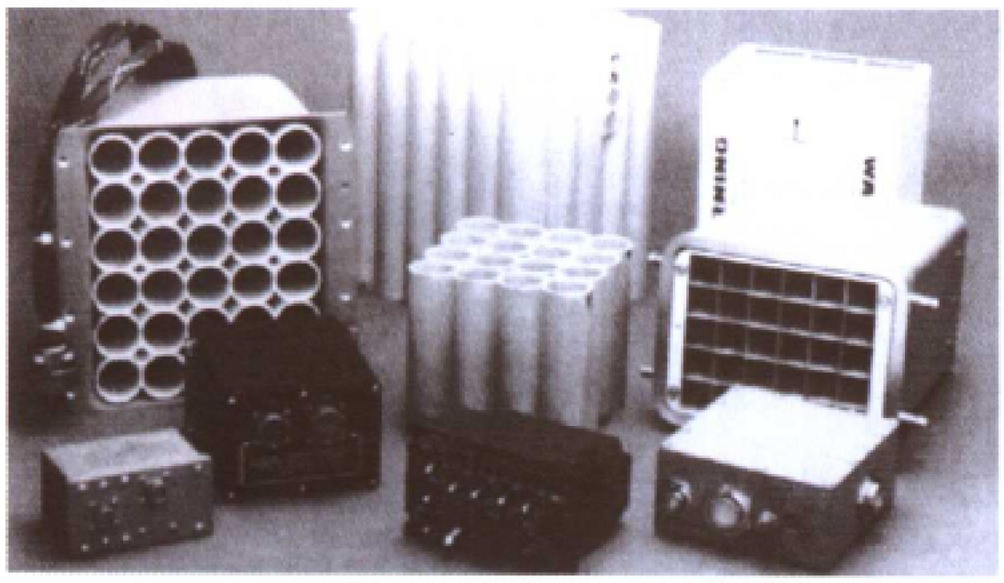


图3 台湾当局空军F－16MLU飞机的AN/ALE－47干扰物投放系统

的个数（2个或4个）而定，每个投放器可装RR-170箔条弹30发，或装M-206红外干扰弹30发，或装MJU-7/B红外干扰弹15发。配备2个投放器的装弹总数最多为60发。具有体积小、重量轻、可靠性高的特点，通常用于飞机自卫干扰。

无源干扰投放装置的发展方向是研制多功能无源干扰投放系统，提高投放装置机电一体化水平、自适应能力与快速反应能力，注重标准化、模块化和高可靠性。（马玉钦）

wuyuan ganraowu

无源干扰物 (passive jamming materials) 本身不发射电磁波而依靠反射、折射、散射或吸收电磁波的作用干扰对方电子信息系统、设备的器材。通常用飞机、火箭投放或人工布设。空军常用的干扰物有箔条、反射器、无源假目标、电磁波吸收材料和气悬体等。

箔条　由金属、镀敷金属的介质或导电介质制成的干扰物。能强烈反射电磁波。主要有干扰丝、干扰片和干扰带（绳）等。其长度通常为被干扰雷达波长的一半。由机载投放装置投射。

反射器　具有较大雷达截面积和较宽二次辐射方向图的无源干扰物。主要有角反射器和龙伯透镜反射器等。①角反射器。由多个互相垂直相交的导体平面构成，用以产生复合反射的装置。按形状分为三角形、矩形和圆弧形角反射器等。特性是能将入射到内角的大部分能量反射回去，比一般目标的反射能力强很多倍。②龙伯透镜反射器。在龙伯透镜的局部表面上镀上金属反射层而构成，可在大的入射角范围内，将入射的电磁波能量聚集反射回去。反射器在电子对抗中主要用作假目标和雷达诱饵等。

无源假目标　用以欺骗雷达的反射体。具有目标的主要信号特征和速度特征，其雷达反射面积与目标相同或更大，起隐真示假的作用，有效地破坏雷达对真目标的探测及跟踪。通常用于欺骗警戒、引导雷达。可用作假目标的有：带角反射器的无人驾驶飞机、遥控飞机、滑翔机、塑料球以及各种反射器等。

电磁波吸收材料　将入射的电磁波能量转换成其他形式的能量而极少反射回去的材料。有吸收型、干涉型、谐振型和屏蔽型等。主要用以覆盖飞机、导弹等武器表面，以减少其有效反射面积。也可用以制作伪装网和伪装服等。

气悬体　悬浮在气态介质中的物质微粒所组成的分散体，对电磁波具有很强的反射、折射、散射或吸收作用。特点是：散开速度快、干扰频带宽、极化特性好和有效持续时间长。主要类型有等离子体气悬体、微波反射型气悬体、微波—红外复合气悬体等。等离子体气悬体亦称电离气悬体，是利用人工空间电离方法产生等离子体，进而改变局部空间媒质电磁特性来干扰雷达；微波反射型气悬体是由散布在可扩散介质里的反射体(如悬浮箔条、镀铜碳纤维等)构成的气状云，主要用于反射电磁能量；微波—红外复合气悬体亦称多功能气悬体，是通过适当配方将微波反射型(或吸收型)气悬体和红外气溶胶结合起来，构成能干扰微波、红外和可见光的宽频段复合干扰器材。（刘飞虹）

botiao

箔条 (chaff)　由金属、镀敷金属的介质或导电介质制成的，具有一定长度和频率响应特性，能强烈反射电磁波的细丝、箔片、条带的统称（见图）。无源干扰器材的一种。空军使用最广泛的无源干扰物。主要有干扰丝、干扰片和干扰带（绳）等。其长度通常为被干扰雷达波长的一半（通常为0.46～0.48λ）。由机载投放装置投射。主要功能有：①在一定空域大量连续投放，形成干扰屏幕或干扰走廊，对雷达造成压制性干扰。②在一定空域间断投放，制造假目标，形成欺骗性干扰。③载机投放后形成诱饵，用以自卫。特点是成本低、使用方便，易获得宽频带特性，能同时干扰不同方向的多部雷达，对密集复杂的雷达信号环境适应性强，但对具有速度处理能力的雷达干扰效



几种典型箔条

果较差，使用时受气象条件的影响较大。在第二次世界大战中，箔条作为一种重要的无源干扰物开始使用，战后有了很大发展。20世纪90年代，美国、英国等国家空军在海湾战争中使用了圆形箔片。各国正在研制新型的箔条有充气箔条、红外/电磁复合箔条等。（刘飞虹）

botiao ganraodan

箔条干扰弹 (chaff projectile)　弹壳内装有箔条的无源干扰器材。飞机使用的箔条干扰弹主要对火控雷达实施干扰，



箔条干扰弹

保护载机的安全。由箔条、电点火具、弹壳、活塞、盖板及夹片等组成。工作原理是：电点火具在接到发射电流信号后燃烧，在弹体内产生压力并将箔条抛射出弹体，箔条在空中很快散开形成箔条云，散射雷达电磁波，达到干扰雷达的目的。通常与相应的投放器配套使用。主要性能指标有干扰频段、雷达截面积、有效干扰形成时间、发射初速度和发射成功率等。如台湾当局空军F－16MLU飞机装载的RR－170箔条干扰弹，外形尺寸为25×25×210（毫米）；干扰频率范围为2～18千兆赫；单枚弹反射面积在投放0.5秒后可达10平方米。

（刘飞虹）

hongwai ganraodan

红外干扰弹 (infrared projectile) 有弹壳的烟火药柱型红外诱饵。亦称红外诱饵弹或红外曳光弹。由载机投放器投放，干扰红外制导导弹，用于载机自卫。由封口盖、点火机构、固体药柱、活塞、壳体和电底火等组成（图1）。按外形分为圆柱体红外干扰弹和长方体红外干扰弹（图2）。工作过程是：投放器控制点火脉

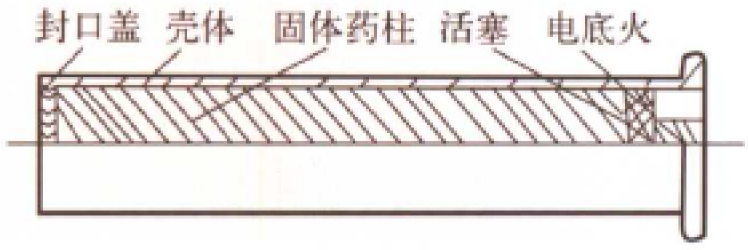


图1 红外干扰弹结构示意图



图2 红外干扰弹

冲，点燃电底火，火焰气体通过活塞推动固体药柱运动，冲开封口盖，点燃固体药柱形成红外诱饵。点火方式分为一次点火和二次点火。一次点火是直接由电底火火焰穿过活塞传火孔点燃药柱；二次点火的工作过程是：利用活塞隔断火焰推动药柱运动；药柱出壳体，点火机构解脱一重保险；药柱运动惯性力超过预定值，解脱二重保险点燃药柱。红外干扰弹的主要性能指标（静态）有：起燃时间、燃烧持续时间、光谱辐射特性和有效辐射强度等。如台湾当局空军F－16MLU飞机装载的MJU－7/B红外干扰弹，外形尺寸为25×25×210（毫米）；干扰波长是1～5微米；单发峰值功率20千瓦／球面度；上升时间小于0.3秒；持续时间1～2秒（保持90%的峰值功率）。

（冯瑛璞）

leida you'er

雷达诱饵 (radar decoy) 模拟作战飞机、直升机等目标的雷达信号特征和运动特征的假目标装置。有投放式、拖曳式和诱饵无人机（见图）。主要用于引诱或欺骗雷达和导弹，保护载机安全。分为无源和有源诱饵。常用的无源雷达诱饵是机载箔条弹，投放出去后，散开形成能反射雷达波的箔条云团，使雷达错误跟踪，是最早和最普遍使用的雷达诱饵。有源雷达诱饵装有雷达回波增强器，将接收到的雷达信



美国空军ADM－160雷达诱饵无人机

号放大后再辐射出去，形成较大的雷达反射信号，诱骗雷达和导弹。

（姜 峰）

jiao fanshegi

角反射器 (corner reflector) 由三个互相垂直相交的金属平面构成的反射体。主要用作假目标和雷达诱饵。按反射面形状分为三角形、方形和圆弧形（图1），

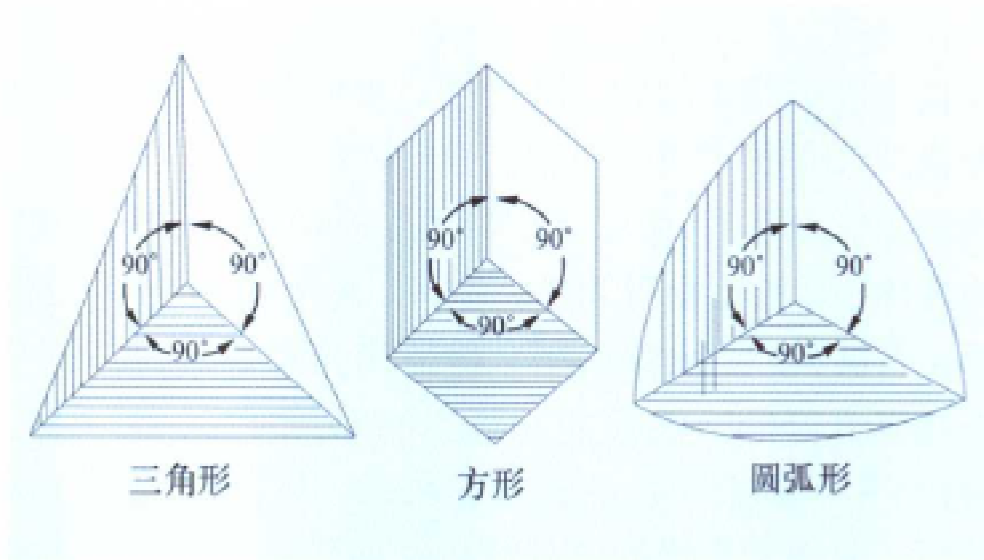


图1 角反射器外形图

在相同边长的情况下，方形有效反射面积最大，三角形最小；按结构形式分为永固式、折叠式、装配式、混合式和充气式等角反射器；按象限数分为单角、四角和八角形角反射器。空投的角反射器可以模拟飞机和导弹；配置在地面上的角反射器（图2）可以对机场、导弹阵地等实施反雷达伪装。能在较大的角度范围内（约25°～50°）将入射的电磁波经

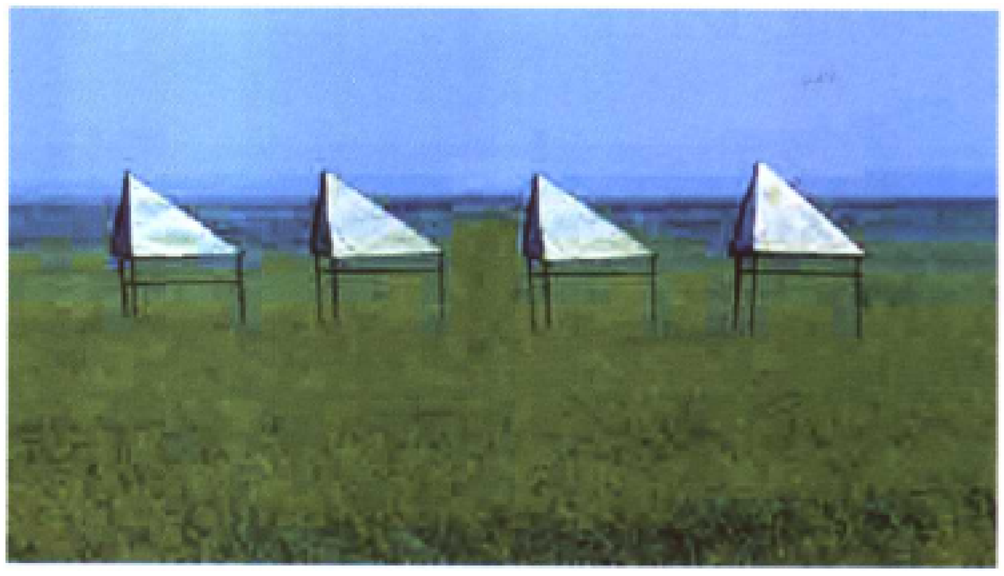


图2 配置在地面上的角反射器

过3次反射，按原方向反射回去形成假目标或雷达诱饵。 （田德生）

diancibo xishou cailiao

电磁波吸收材料 (electromagnetic wave absorbent materials) 将入射的电磁波能量转换成其他形式的能量而极少反射回去的材料。主要用于减少飞机、直升机、导弹、车辆等目标的有效反射面积，也用于制作掩护地面目标的伪装及无回波隔离室等。

按电磁波吸收材料分为吸收型、干涉型、谐振型和屏蔽型4种。①吸收型。主要由电介质材料（如钛酸钡瓷、铁电陶瓷等）、磁介质材料（如铁氧体、羰基铁等）、电阻材料（如炭黑、碳化硅等）或其复合材料加入适量的黏合剂制成。基本原理是利用这些材料在交变电磁场中产生介质损耗、磁滞损耗和电阻损耗，将电磁波能量转换成其他形式的能量。有涂敷型、贴片型和结构型等。涂敷型用于

涂在飞机、直升机、导弹等表面，特点是吸收电波的频带较宽。贴片型有橡胶片、陶瓷片和塑料片等，可用于制作飞行器的蒙皮。结构型通常用非金属复合材料为基体，以吸收物质为填料制成，其结构形式有波纹状、蜂窝状和多层结构。特点是具有良好的吸波性能和相当的承载能力，可用于制造飞机的机身和机翼。②干涉型。由交叉叠置的电介质层（如塑料、橡胶等）和导电材料层组成。基本原理是利用电磁波的反相干涉作用，使入射波和从不同层反射回来的电磁能量相互干涉对消。为使目标的反射回波接近于零，干涉型材料厚度应为雷达波长四分之一的奇数倍。③谐振型。由非导电介质材料制成多个吸收单元，这些单元具有一定的尺寸和电磁特性，可使相应波长的入射电磁波产生谐振，造成谐振吸收衰减。④屏蔽型。一种是由放射性同位素（如锶90、钋210、锔242等）和黏合剂组成。涂敷于飞机、导弹等目标表面，当其快速飞行时，放射性同位素使其周围空间发生电离，形成等离子区屏蔽层，能吸收、折射和反射大部分入射的电磁波。另一种是由气溶胶形成的悬浮体。在目标周围空间喷射气溶胶，形成一团气溶胶云，从而构成屏蔽层，扩散开的悬浮液体或固体微粒能散射和吸收电磁波。

20世纪50年代，美国空军在侦察飞机上涂敷电磁波吸收材料，如U－2高空侦察机的机身表面都涂了一层吸收材料。70年代中期，美国、英国、法国、苏联等国家在吸收材料研制上取得了重大技术突破。80年代，生产出性能很好的电磁波吸收材料，用于空军作战飞机和巡航导弹。发展方向是提高吸收材料对电磁波的吸收率，展宽工作频带，减轻吸收材料重量，提高吸收材料的耐热性和稳定性。　　（卢立成）

kongjun tongxin duikang zhuangbei

空军通信对抗装备　(air force communication electronic warfare equipment)　空军用于无线电通信侦察和干扰的装备。空军电子对抗装备的组成部分。按装载平台分为机载、地面和星载式通信对抗装备。按功能分为通信对抗侦察装备和通信干扰装备。

通信对抗侦察装备　主要用来对通信信号进行搜索截获、分析识别、显示记录和对辐射源测向定位，掌握通信信号的工作频率、通信体制、调制样式、通信网组成、通联规律和位置等战术技术特性。包括侦察接收设备和测向设备。①侦察接收设备。用来搜索截获、分析识别、显示记录信号特征参数。由天线、接收机、信号处理器、存储记录、显示器及控制器等组成。工作过程是：辐射源信号由天线接收送到接收机，放大后信号送至信号处理器进行分析识别，并提供给显示器和存储设备，控制器控制各单元协调工作。主要性能指标有工作频段、灵敏度、动态范围、测频准确度、信号处理能力和抗干扰性等。②测向设备。用来测定通信辐射源的方向和位置。按测向方法分为比幅、比相、比相比幅、时差和多普勒测向设备等。由天线、接收机、信号处理器、显示器、存储器和控制器等组成。工作过程是：由天线接收信号，通过输入匹配网络送到接收机，放大后的信号送到信号处理器处理以获取角度信息。显示器显示测向结果。测向结果可用数字、极坐标、扇面区或直方图显示。主要性能指标有测向准确度、灵敏度、时效性和抗扰度。用单部或多部测向设备可测定辐射源的位置。

通信干扰装备　产生和发射干扰信号，扰乱和压制对方通信。分为瞄准式干扰和阻塞式干扰设备。由天线、引导接收机、干扰样式产生器、激励器、功放和控制器组成。工作过程是：天线收到通信信号后，经引导接收机送至频率重合器，频率重合器使发射机的干扰频率与通信信号频率相同，干扰样式产生器产生噪声、随机脉冲或键控等信号，控制器选择最佳干扰式样，调制发射机的激励器。已调制的干扰信号经发射机功率放大后，送到发射天线。主要性能指标有干扰频段、干扰功率、干扰多目标能力和系统反应时间。

第一次世界大战，出现了无线电测向设备，用来测定无线电台的方向和位置。第二次世界大战期间，自动调谐式的超外差侦察接收机、测向机、瞄准和阻塞式通信干扰机装备部队。20世纪70年代以来，随着计算机技术的广泛应用，空军通信对抗装备综合了各种不同功能的单机设备，形成了侦察、测向定位一体化的通信对抗系统，并向着对抗扩频、跳频等新的通信体制方向发展。

（卢立成）

kongjun guangdian duikang zhuangbei

空军光电对抗装备　(air force electro-optical warfare equipment)　空军用于光电对抗侦察、干扰和攻击的装备。空军电子对抗装备的组成部分。主要用途是对抗武器光电制导系统，保护空中和地面重要目标的安全。按装载平台分为机载光电对抗装备和地面光电对抗装备。机载光电对抗装备主要包括机载光电告警设备和机载光电干扰设备（器材）。按光谱分为可见光对抗装备、紫外对抗装备、红外对抗装备和激光对抗装备等。20世纪50年代，美国空军研制出红外诱饵，60年代装备红外告警设备。70年代以后，在历次局部战争中广泛使用光电对抗装备。

（高建明）

jizai guangdian gaojing shebei

机载光电告警设备　(airborne electro-optical warning equipment)　安装在飞机、直升机上，为飞行员提供光电威胁警报的设备。能实时探测、识别来袭导弹产生的电磁辐射信号（红外、紫外）或激光威胁源，计算光电威胁的方向，发出警报信息并控制载机采取相应的对抗措施。按用途分为无源导弹逼近告警设备和激光告警设备。①无源导弹逼近告警设备。被动接收导弹的光电辐射能量。按工作波段，分为导弹逼近红外告警设备和导弹逼近紫外告警设备(见导弹逼近告警设备)。②激光告警设备。截获、分析、识别激光辐射信号，并及时向飞行人员发出警报信息。告警对象是激光测距机、激光照射器、激光引信和激光武器。主要性能指标有：灵敏度、告警空域、虚警率、探测概率和到达方向准确度。未来机载光电告警设备的工作波段将不断拓展，角分辨率不断提高，向雷达告警、导弹逼近告警和激光告警综合一体化方向发展，降低体积和重量，提高效能。

（冯瑛瑛）

jizai guangdian ganrao shebei

机载光电干扰设备　(airborne electro-optical jamming equipment)　安装在飞机、直升机上，用于欺骗、压制和摧毁光电系统的设备。包括机载激光干扰设备、机载红外干扰设备和机载红外诱饵。分为有源光电干扰设备（器材）和无源光电

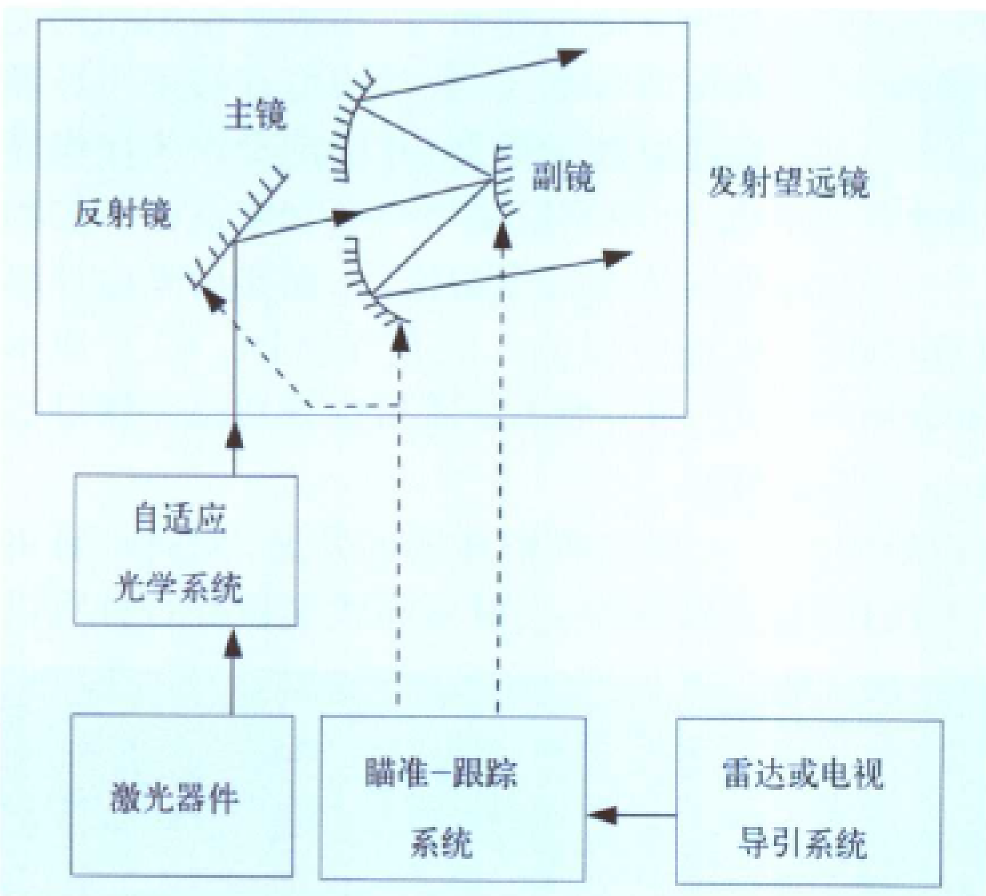
干扰设备（器材）。有源光电干扰设备（器材）发射光电干扰信号，使光电系统饱和、阻塞甚至烧毁，或者因接收假信号而出现错误。无源光电干扰设备（器材）用能强烈反射、散射或吸收光波的材料制成，主要有各种发烟装置和光箔条等。

（高建明）

jizai jiguang ganrao shebei

机载激光干扰设备 (airborne laser jamming equipment) 安装在飞机、直升机上，用于破坏或削弱光电装置正常工作的设备（器材）。分为机载有源激光干扰设备和机载无源激光干扰设备（器材）。

机载有源激光干扰设备 发射激光干扰信号的设备。又称激光干扰机。主要由激光器和光束定向器组成（见图）。激光器分为固体激光器和气体激光器，常



激光干扰机组成示意图

用的是二氧化碳（CO_2）激光器。光束定向器由发射望远镜自适应系统和精密跟踪瞄准系统构成。包括欺骗式激光干扰机、致盲式激光干扰机和激光战术摧毁系统。①欺骗式激光干扰机。主要用于干扰激光引信和激光制导武器（激光炸弹和激光制导导弹）。由激光编码识别器(或激光转发器)、同步延迟器、激光编码器、激光电源和激光发射器组成。工作过程是：截获激光威胁信号后，激光编码识别器对激光信号进行解码，获得的激光编码信号经同步延迟器延迟，触发激光编码器产生同步码，同步码调制激光电源并激励激光发射器发射与激光信号波长、脉冲宽度、码型相同的激光干扰脉冲。干扰方式是：将干扰激光沿激光入射路径发射出去或将干扰激光照射到漫反射或全反射假目标上，产生漫反射或全反射，进行干扰。②致盲式激光干扰机。主要用于干扰激光测距机、激光雷达、激光制导武器、红外制导武器和夜视系统等。主要由激光发射器和瞄准器组成。通过发射较大功率的激光，直接照射各种光电传感器，使其致盲甚至烧毁。③激光战术摧毁系统。是一种高能激光武器。激光照射目标表面，使目标受到暂时或永久性损坏。

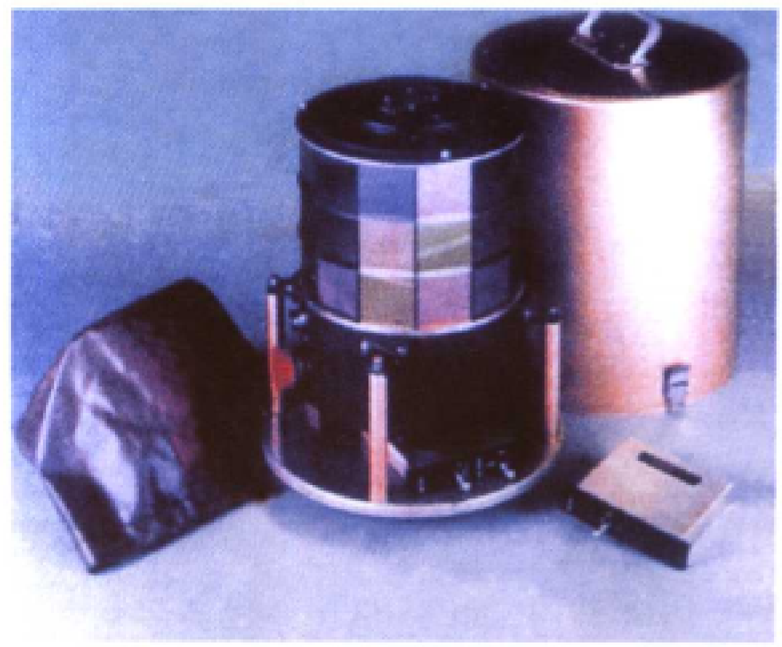
机载无源激光干扰设备（器材） 用能强烈反射、散射或吸收激光光波的材料制造的设备（器材）。分为发烟装置和光箔条等。发烟装置产生的烟幕含有大量的固体和液体微粒，能吸收、散射和折射激光能量。光箔条由飞机撒布成屏幕或走廊，散射或反射激光波束，保护飞机或地面目标。美国研制的一种悬浮微粒，由硼、钾和氯酸盐等混合制成，燃烧后形成稠密的悬浮离子云，是一种良好的干扰器材。

20世纪70年代，美国开始激光致盲的地面试验。1983年，美国空军用机载400千瓦的二氧化碳激光器成功地使飞机发射的5枚响尾蛇导弹完全失效。进入90年代后，激光战术摧毁系统也得到了长足的发展，可近距离摧毁战斗机、巡航导弹等目标。发展趋势是研制通用性多功能干扰发射设备、小型化高能机载激光武器和多功能、宽频段烟幕器材等。

（高建明）

jizai hongwai ganrao shebei

机载红外干扰设备 (airborne infrared jamming equipment) 安装在飞机、直升机上，产生辐射红外干扰信号的设备。飞机的自卫电子对抗设备（见图）。主要用途是干扰红外制导导弹，保护载机的安全。分为红外干扰设备和红外诱饵投放设备。①红外干扰设备。由大功率高效红外辐射源、调制器、光学系统和高透过率红外窗组成。干扰机理是产生一种能进入红外寻的导弹跟踪系统的干扰调制脉冲信号，与导弹跟踪系统中来自目标热辐射形成的跟踪控制信号相互作用，使导引头偏离目标。在干扰信号持续作



美国AN/LAQ－144机载红外干扰设备

用下，使导弹的制导跟踪受到干扰，达到保护载机的目的。红外干扰设备与载机供电电源、发动机的红外辐射特性以及被干扰导弹制导机理密切相关。主要特点是可以连续使用。②红外诱饵投放设备。通常包括红外诱饵弹和投放装置。具有设备简单、成本低、一次性使用、应用广泛等特点。新一代干扰机将采用非相干光源和激光光源的定向干扰以及将工作波段扩展到8～14微米波段。

（张壮生）

jizai hongwai you'er

机载红外诱饵 (airborne infrared decoy) 由载机投放的，与载机的红外特性相似，但能量更大的红外辐射源。目的是诱骗红外制导导弹，保护载机安全。广泛应用于飞机、直升机自卫（见图）。

分为烟火药柱型、燃油型、热气球型和复合型诱饵等。①烟火药柱型。由燃烧剂和氧化剂混合物压制成固态药柱，点燃后产生大量烟缕并辐射红外能量。②燃油型。用航空燃油或凝固油料，燃烧产生辐射红外能量。③热气球型。气球表面涂敷红外涂料，投放到空中后，快速充气并产生热量，热气球表面产生红外辐射。④复合型。在金属箔条的部分表面涂敷无烟火箭推进剂作为引燃物，投放后在空中燃烧形成“热云”，可诱骗红外制导导弹和干扰雷达。

机载红外诱饵的干扰机理是：当载机发现或判断有红外寻的导弹来袭时，投放红外诱饵，形成强红外辐射源，其辐射强度大于载机的辐射强度，与载机同时出现在红外寻的导弹的视场内，并以不同的运动轨迹在空间分离，使红外寻的导弹跟踪的视在中心发生变化，等效辐射中心偏向诱饵一边，导弹的跟踪也偏向诱饵。当导引头跟着红外诱饵运动


飞机投放红外诱饵

时，载机超出其视场后，导弹丢失目标。主要性能指标（静态）有起燃时间、燃烧持续时间、光谱辐射特性和有效辐射强度等。起燃时间小于0.5秒。燃烧持续时间是指诱饵保持额定红外辐射强度的时间，静态为数秒。红外诱饵工作在红外制导导弹导引头的工作波段上并与载机有相似的光谱分布。有效辐射强度为载机的数倍。

1955年，美国空军研制出红外干扰弹。海湾战争后，机载红外诱饵迅速发展。新型气动红外诱饵可模拟飞机的飞行和光谱特征，本身带有推进系统，投放后可在一段时间内与飞机并行飞行，使红外制导导弹的反诱饵措施失效。燃油复合诱饵的投放器喷射出油料加入等离子体和激光添加剂，燃烧形成红外、雷达和激光三位一体复合诱饵。自燃源红外诱饵，采用自燃物质，燃烧后形成具有强烈辐射的大面积红外干扰云和热图。

（冯瑛璞）

touzhishi dianzi duikang shebei

投掷式电子对抗设备 (expendable electronic warfare equipment) 用航空运载工具投放的一次性使用的电子对抗设备。主要用于对电子系统、设备实施近距离侦察或干扰。通常由电子对抗侦察或电子干扰设备、控制器、悬浮装置和自毁装置4部分组成。利用飞机、直升机、小型遥控飞行器、火箭和无人机等进行投放。具有体积小、重量轻和隐蔽性好的优点。分为悬空式和落地式两种。①悬空式电子对抗设备。通常采用降落伞、气球作为悬浮装置，电子对抗设备脱离运载工具后，控制器启动悬浮装置，使电子对抗设备悬浮在空中（见图）。同时，控制器自动控制电子对抗设备工作。与落地式相比，主要特点是作用范围大，但易受风的影响，飘离侦察或干扰区域。②落地式电子对抗设备。由运载工具投放到侦察、干扰对象附近，由程序指令或遥控指令开机实施侦察或干扰。主要特点是外貌伪装逼真。

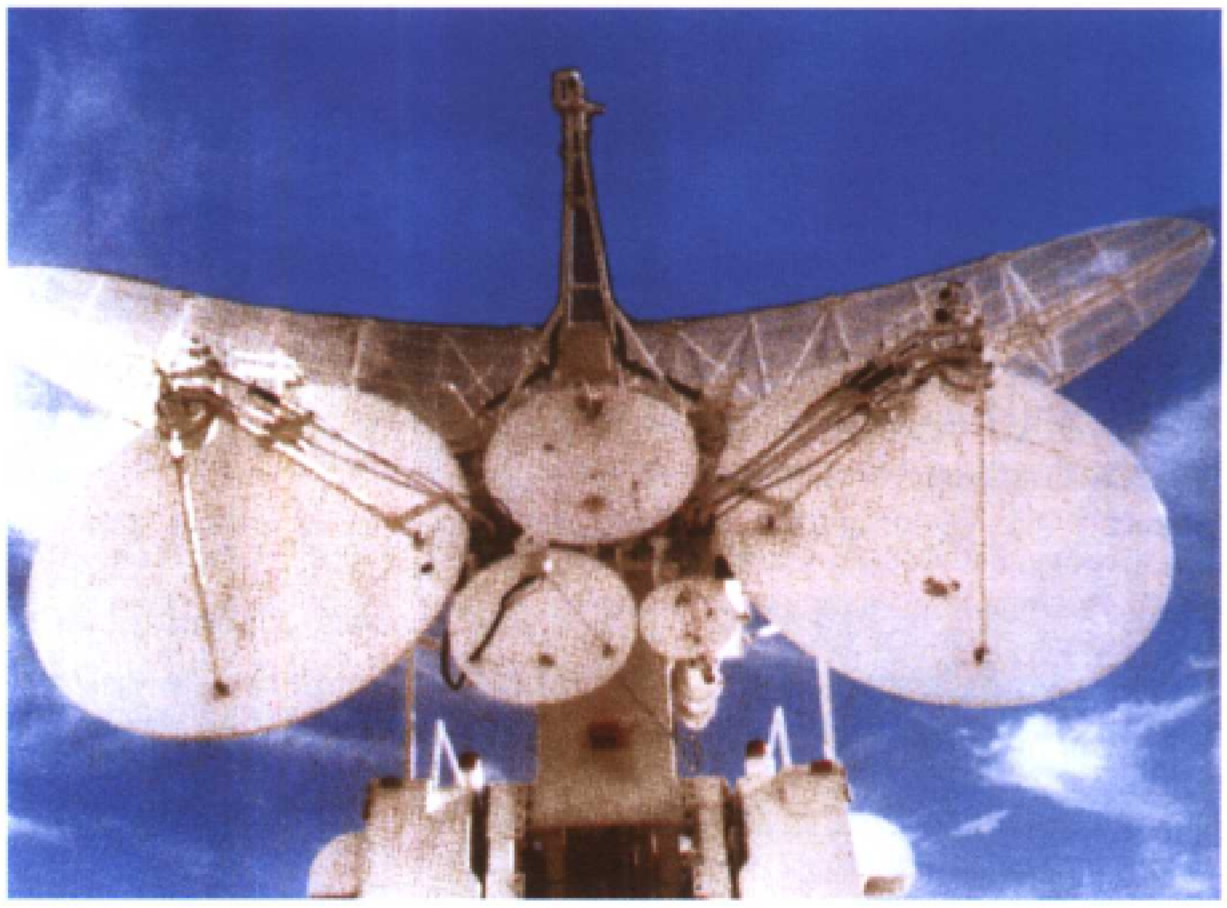


悬空式电子对抗设备示意图

（田德生）

kongjun dianzi duikang moni shebei

空军电子对抗模拟设备 (air force electronic warfare simulation equipment) 空军用于模拟电子信息系统、设备辐射源信号和电子对抗设备功能、电子对抗作战训练的各类设备的统称。主要用作检验电子对抗设备的功能，研究电子对抗战术、技术，进行电子对抗训练和电子对抗作战的辅助决策，为电子对抗装备论证和系统设计提供依据。由计算机及计算机控制下的各类仿真模拟设备组成。主要有：


美国电子对抗信号环境模拟设备

①电子对抗信号环境模拟设备（见图）。由多个信号源和计算机组成。在计算机控制下，能在频域、空域和时域等方面产生各种逼真的辐射源信号。通过改变计算机软件可比较容易地改变所模拟的信号环境。主要用来检验电子对抗装备适应电子对抗信号环境的能力，也可进行电子对抗战术演练。②电子对抗系统功能模拟设备。用于分析电子对抗系统的输入输出关系，建立数学模型和物理模型，以系统内各部分的性能指标作为模型参数，在设定的电磁威胁条件下，通过计算机进行模拟，根据输出结果来调整各项参数，使电子对抗系统的性能达到最佳。是进行电子对抗装备总体论证和系统设计的工具。③电子对抗作战模拟设备。由计算机和各种显示、控制设备组成。根据对抗双方设备的性能、地形和作战部署等条件建立描述电子对抗过程的数学模型，从总的作战结果上评估电子对抗的作用。改变电子对抗的兵力部署和使用方法，可得出电子对抗的最佳作战模式，为电子对抗作战提供辅助决策。④电子对抗训练模拟设备。用于训练电子对抗装备操纵人员、飞行员和各级指挥员。运用数学模拟和物理模拟两种形式。数学模拟直接采用计算机建立数学模型，并以键盘作为操作界面；物理模拟采用与实际装备相仿的物理实体进行模拟操作。操作结果由计算机进行评估，教员作讲评。具有成本低、重复性好、适用性强和保密性好等特点。

随着模拟技术的发展，实时计算机仿真软件、实时分布式多机并行计算机系统、仿真软件开发平台、视景成像技术、虚拟现实技术、模型建立与逼真度检验、智能化教员操作系统等已趋于成熟。电子对抗模拟设备将进一步开发优化计算机软件，使模拟内容更广泛，模拟结果更逼近实战。

（刘超英）

kongjun dianzi duikang xitong

空军电子对抗系统 (air force electronic warfare system) 由若干电子对抗装备和辅助装备组成，执行空军电子对抗任务的统一协调系统。分为电子对抗侦察系统、电子干扰系统、反辐射攻击系统、自卫电子对抗系统和电子对抗指挥自动化系统。

电子对抗侦察系统 用于对指挥、控制、通信和情报系统实施电子侦察，获取电子对抗情报。工作过程是：搜索、截获电磁辐射信号，经过分析（分选）、识别处理，测量其技术参数和辐射源方向，并对辐射源实施定位。包括航空电子对抗侦察系统和地面电子对抗侦察系统。①航空电子对抗侦察系统。有电子对抗侦察飞机、电子对抗侦察无人机、电子对抗侦察直升机和配套的信息传输、处理设备。②地面电子对抗侦察系统。包括固定或机动侦察站及配套的信息传输和处理设备。

电子干扰系统 包括航空电子干扰系统和地面电子干扰系统。①航空电子干扰系统。有电子干扰飞机、电子干扰无人机、电子干扰直升机和配套的情报支援设备等。用于对地面或机载电子信息系统、设备进行压制或欺骗，使其丧失作战能力。工作过程是：通过机上侦察引导系统截获电磁信号，经过分选识别和逻辑判断，确定辐射源位置或威胁等级后，引导干扰设备，在相同时域、频域和空域上实施压制或欺骗干扰。②地面电子干扰系统。包括固定或机动的干扰站、指挥控制站和配套的辅助装备。主要用于对空袭武器系统实施压制或欺骗干扰，使其丧失作战能力。工作过程是：指挥控制站根据电子情报，通过运算，指挥控制地面干扰站实施压制和欺骗干扰。

反辐射攻击系统 主要用于对防空系统的火控雷达和情报雷达进行摧毁或压制。通常有反辐射攻击飞机、反辐射无人机和反辐射炸弹等。

自卫电子对抗系统 主要用于保护载机的安全。包括机载告警系统、有源干扰设备、干扰投放设备和诱饵。工作过程是：通过机载告警系统搜索、截获、分析和识别威胁电磁信号，根据威胁程度，控制有源干扰设备施放干扰或控制干扰投放设备发射箔条、红外、激光干扰弹和拖曳诱饵，实施欺骗干扰。

电子对抗指挥自动化系统 电子对抗作战的自动化人机系统。主要用于对战场电磁态势的自动监视、搜索、处理显示、指令下达等(见空军电子对抗兵指挥自动化系统)。

20世纪60年代，已有了空军电子对抗系统的雏形，60年代以后，逐步形成了自动化的空军电子对抗系统，90年代以后，形成自适应、智能化的空军电子对抗系统。发展趋势是进一步提高空军电子对抗系统与其他作战系统的综合化、一体化水平，进一步提高整个系统的反应速度和智能化水平。

（朱和平）

jizai zonghe dianzi duikang xitong

机载综合电子对抗系统 (airborne integrated electronic warfare system) 以飞机、直升机为平台，多种电子对抗功能一体化的系统。空军电子对抗系统的组成部分。通常由电子对抗侦察、威胁告警和电子干扰、反辐射攻击及处理器等组成。采用一体化设计，将多种机载电子对抗装备融为一体，减少重复，由计算机集中控制，共用天线孔径，共享软、硬件资源，使系统的反应速度更快、体积更小、重量更轻、功耗更低、可靠性更高，增强了机载电子对抗系统的总体效能。具有在复杂电磁环境条件下的自适应能力。能够自动截获、分选和识别辐射源参数，确定威胁等级，合理分配和管理干扰资源，确定最佳干扰样式，应用多种干扰措施对多个辐射源实施最有效的干扰；自动判别干扰效果，快速灵活地控制干扰系统自动适应信号环境的变化，适时引导硬杀伤武器对目标实施攻击；利用软件实现系统自动重新组合，保证系统在部分功能块失效的情况下能继续完成作战任务。

机载综合电子对抗系统将以实时数字控制技术、自适应相控阵和自适应信号处理技术为基础，进一步提高综合化和一体化水平；发展辅助决策专家系统，提高系统的智能水平，实现航空电子系统总线控制下的信息共享、综合控制和综合显示。 （杨小雷 王肖鸣）

daodan bijin gaojing shebei

导弹逼近告警设备 (missile approach warning equipment) 安装在飞机、直升机上，向飞行人员发出来袭导弹警报的设备（图1）。用于实时探测、识别导弹的雷达回波或导弹的辐射信号，判断导弹逼近的方向、位置和速度，适时发出导弹逼近信息，自动控制载机采取对抗措施。由传感器、处理器、终端和机上接口等组成（图2）。工作过程是：由不同类型的传感器探测不同类型导弹有关的电磁信号；处理器在机上信息的支持下，通过计算获取其方向、位置和速度信息，再通过机上接口在座舱显示告警符号和发出音响告警，并可自动控制施放干扰。

按传感器类型，分为导弹逼近雷达告警设备、导弹逼近红外告警设备、导弹逼近紫外告警设备和导弹逼近综合告警设备。①导弹逼近雷达告警设备。采用脉冲多普勒雷达作为探测器，通常工作在L

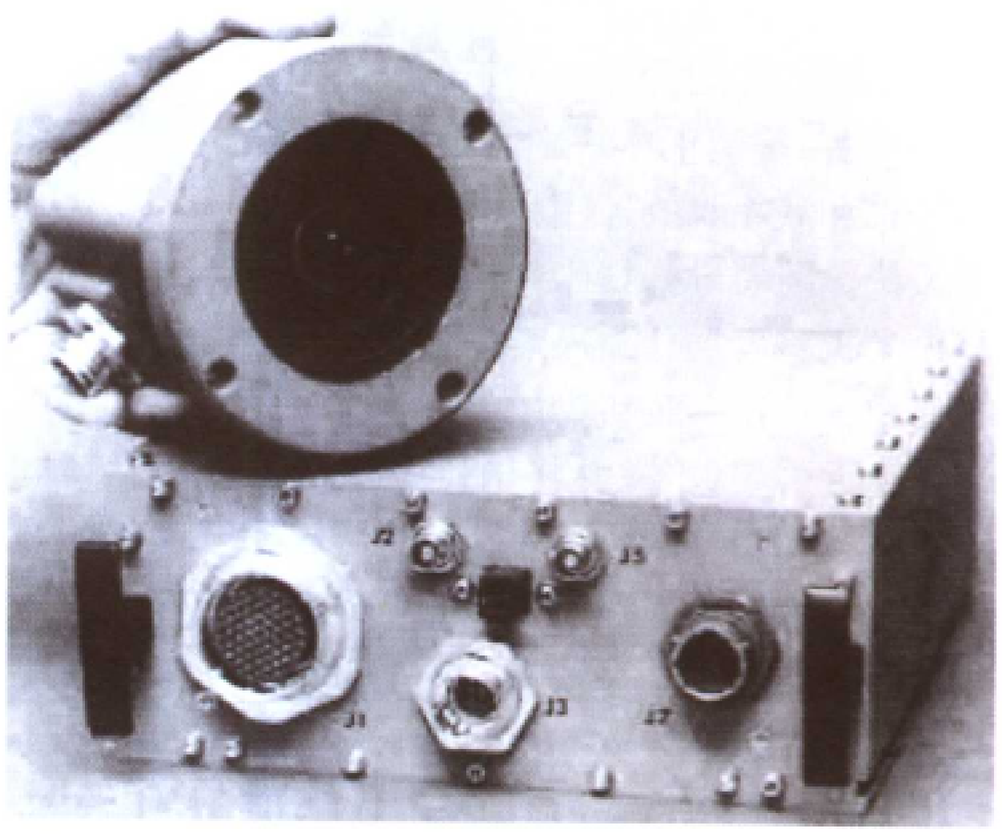


图1 美国AN/AAR－54(V)机载导弹逼近告警系统

波段。导弹在高速飞行时，反射信号含有多普勒频率分量，经过信号处理，检出多普勒频移，获取目标速度、距离信息和到达角，估算逼近轨迹、拦截时间并自动启动对抗措施。主要性能指标有告警空域（告警视场）、探测概率和虚警率、全程距离信息和方向准确度等。②导弹逼近红外告警设备。被动接收导弹气动加热和羽烟的红外辐射能量实施告警。能精确给出逼近方向并自动启动对抗措施。按

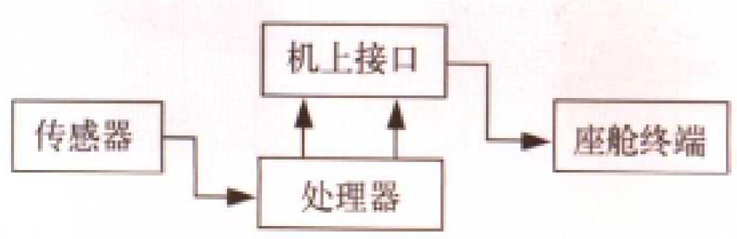


图2 导弹逼近告警设备组成示意图

光学系统的工作方式分为扫描型和凝视型。主要性能指标有灵敏度、告警空域（告警视场）、探测概率和虚警率等。这种设备具有隐蔽性好、探测率高、角度分辨率高等优点。但设备需制冷，降低虚警率的难度大。③导弹逼近紫外告警设备。被动接收导弹羽烟的紫外辐射能量实施告警。能精确给出逼近方向并自动启动对抗措施。主要性能指标有灵敏度、告警空域（告警视场）、探测概率和虚警率等。紫外探测器工作波长在200～400纳米，设备简单、体积小和重量轻（几千克）。④导弹逼近综合告警设备。组合采用不同类型传感器，如红外型和雷达型组合，获得导弹发射和飞行全程的信息，提高作战效能。

20世纪80年代初期，作战飞机开始装备导弹逼近雷达告警设备和导弹逼近红外告警设备，早期导弹逼近红外告警设备虚警率较高。80年代后期，作战飞机开始装备导弹逼近紫外告警设备。海湾战争后，各国加速研制新的导弹逼近告警设备。美国正在研制适用于直升机、运输机和战斗机的通用机载导弹逼近告警系统。随着导弹技术性能的提高，告警设备也将发展信息融合一体化，降低虚警率，适用各种机型的模块化通用型导弹逼近告警设备。并将导弹逼近告警、雷达告警和激光告警综合为一体，降低机载告警设备的体积和重量，提高作战效能。（冯瑛璞）

fanfushe wuqi

反辐射武器 (anti-radiation weapon) 跟踪并摧毁电磁辐射源的武器。主要用于攻击火控雷达和对空情报雷达等。包括反辐射导弹、反辐射无人机和反辐射炸弹。

反辐射导弹 利用电磁辐射信号作为制导信息，跟踪和摧毁辐射源的导弹（图1）。是应用最广泛的反辐射武器。主要由导引头、战斗部和弹体等组成。工作过程是：获得方位和距离信息后导引头自动捕获跟踪辐射源，以战斗部摧毁目标。分为空地（舰）、空空反辐射导弹、地（舰）空和地地反辐射导弹等。空军最常用的是空地反辐射导弹。

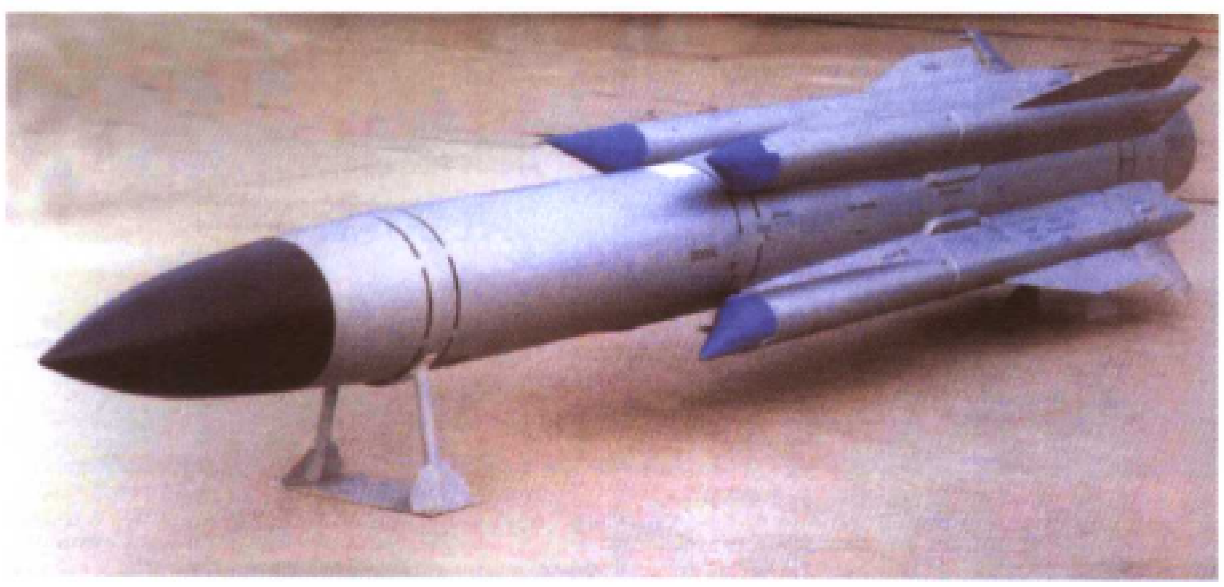


图1 俄罗斯X－31П机载反辐射导弹

反辐射无人机 搜索、跟踪、摧毁电磁辐射源的无人机（图2）。由反辐射导引头、战斗部和机体等组成。工作过程是：地面参数装定，按编程航线飞行，搜索锁定目标和俯冲攻击。无人机可从地面或空中发射。按航时分为短航时（2小时左右）、中航时（4～8小时左右）和长航时（8小时以上）3种。



图2 以色列"哈比"反辐射无人机

反辐射炸弹 利用辐射源发射的电磁信号，跟踪、摧毁辐射源的炸弹。由炸弹加装可控制的弹翼和被动导引头组成。工作过程是：由导引头跟踪雷达时形成的角度信息控制弹翼偏转，引导炸弹飞向目标。反辐射炸弹由于本身没有动力装置，需要载机飞至辐射源阵地附近投弹，优点是战斗部大，制导控制方式简单，成本较低，缺点是炸弹航程较短，对载机危险较大，攻击命中精度较低。

（郭鹏霄）

dingxiangneng wuqi

定向能武器 (directed energy weapon) 发射高能电磁波射束攻击目标的武器。又称射束武器或聚能武器。主要用于毁坏电子信息系统、设备，烧毁武器和杀伤人员。具有以光速攻击、射束指向灵活、射束能量高度集中、对选中目标的杀伤力大等特点。包括微波武器、激光武器和粒子束武器等。

微波武器 发射几千兆瓦至几十千兆瓦强微波脉冲功率的武器系统。又称为微波辐射武器或射频武器。通常由高功率发射机和定向发射系统组成。高功率微波武器通过毁伤高技术兵器中最关键而又最脆弱的电子元器件，降低或破坏武器和作战平台的作战效能，是攻击现代高技术兵器的有效武器。

激光武器 发射高能量密度的激光束毁伤目标的武器。主要用于摧毁飞机、导弹和卫星。按工作介质物理状态，分为固体激光器（如钇铝石榴石激光器）、气体激光器（如发出波长为10.6微米的二氧化碳激光器）和化学激光器等。具有使用成本低、隐蔽性好、瞄准精度高和攻击速度快的优点。

粒子束武器 用高速粒子毁伤目标的定向能武器。用粒子加速器将粒子加速到接近光速，然后发射出去，利用其强烈的冲击波和热辐射能量穿透目标，并聚集在目标内几厘米深处进行破坏。分为带电粒子束武器和中性粒子束武器。对目标杀伤具有"硬杀伤"和"软杀伤"两种形式。"硬杀伤"是高能粒子束直接击穿目标的壳体，并产生一连串的二次粒子辐射，二次辐射直接引爆弹头上的常规炸药或使核装药塌落；改变光纤传输质量，使绝缘材料暂时变成导体。"软杀伤"是带电粒子束在目标飞行弹道前方的大气中产生一连串二次粒子，当导弹等穿过布满二次粒子的大气时，许多具有足够能量的粒子进入导弹壳体，并在导弹壳体内产生局部定向电磁脉冲，使导弹中的电子器件失效。粒子束还能加热通道中的空气，使之发光，迷惑攻击武器的光学探测器。

（王国宏 黄登才）

dianci maichong wuqi

电磁脉冲武器 (electromagnetic pulse weapon) 利用瞬时高能量电磁辐射毁伤目标的武器。亦称电磁脉冲弹或微波炸弹。主要用于毁伤电子信息系统、设备。根据脉冲激励源的不同，分为核致电磁脉冲武器和非核致电磁脉冲武器。核

致电磁脉冲武器是以核能激励，在核爆炸过程中产生高能电磁脉冲。非核致电磁脉冲武器，利用炸药爆炸和化学燃料燃烧时释放的化学能作为初级能源，通过微波器件转换为高功率微波辐射能的电磁脉冲武器。

电磁脉冲武器产生的高能量电磁脉冲通过天线、电源线、通信线路、金属管道、机箱缝隙和舱门窗口等渠道，耦合到一定范围内的电子信息系统、设备和电气装备中，在其内部形成强电场和强磁场，产生随时间、空间变化的大电流、高电压，造成电气装置、电子信息系统、设备中的电容器、半导体器件的永久性损坏或工作不稳定，数字通信设备、计算机存储设备等出现误码或信息丢失，军用及工业电力设备损坏，弹药异常引爆或不爆，导体和电缆等瞬态放电破坏。电子器件致损电磁脉冲能量阈值（见表）。

致损电磁脉冲能量阈值表

电磁脉冲能量（焦耳）	损坏状况
10^{-7}	微波混频二极管烧毁
10^{-6}	线性集成电路故障或烧毁
10^{-5}	小功率晶体管及双极性集成电路故障或烧毁
10^{-4}	互补金属氧化物半导体逻辑电路、中功率晶体管、二极管及电容器损坏
10^{-3}	齐纳二极管、可控硅整流器、结型场效应晶体管、大功率晶体管及薄膜电阻烧毁

电磁脉冲武器释放的高能电磁脉冲还能杀伤人员。当人员受到功率密度为3～13毫瓦／厘米^{2}的微波照射时，会产生神经混乱、行为错误、烦躁、致盲、心肺功能衰竭等现象；当功率密度为10～50毫瓦／厘米^2，频率在10千兆赫兹以下时，人员会发生痉挛或失去知觉；0.5瓦／厘米^{2}的微波功率密度能造成皮肤轻度烧伤；20瓦／厘米^{2}的微波功率密度在2秒钟内即可造成人员皮肤三度烧伤；80瓦／厘米^{2}的微波功率密度在1秒钟内即可造成人员伤亡。

20世纪80年代中后期，美国和苏联等国家开始研制电磁脉冲武器。1991年的海湾战争中，美国首次使用一种试验性的电磁脉冲弹，由“战斧”巡航导弹运载，攻击伊拉克防空系统和指挥控制中心。发展趋势主要是提高电磁辐射功率和能量转换效率；武器系统小型化和实现多脉冲运行等。

（傅晓辉）

空军通信技术

kongjun tongxin jishu

空军通信技术 （air force communication technology） 应用于空军的通信装备及其使用技术的总称。空军技术的组成部分。保障空军作战、训练的基本手段，空军战斗力的基本要素之一。

主要特点 空军通信技术以军事通信技术为基础，又有其自身的特点。既能满足空军作战行动突然、高速、机动、远距等特殊要求，又要适应空军通信装备分别配置在飞机和地面的特殊环境。其主要特点是：①保障范围广。空军部队部署地域广，作战地域、空域辽阔，需要进行立体大范围的地面与空中、空中与空中、地面与地面的通信联络，需要系统地、大规模地通信保障。其中，地空通信和空空通信的特点更为突出。②传输信息种类多。空军通信需要及时传输指挥协同、航空管制、雷达情报、气象情报和后勤、装备保障等多种信息。为满足作战兵器（飞机、防空导弹、预警雷达等）和指挥自动化系统的要求，空军通信需要具备多信息种类、多业务网络的传输能力。③时限要求高。空军作战时间短促，空中战场态势变化快，各种信息传输尤为需要实时、高效。④无线电通信为主，多种通信手段综合使用。无线电通信是保障空军空中作战的主要通信手段。空军地面部队部署分散，适合使用以无线电为主的多种手段进行通信联络。空军无线电通信广泛使用短波、超短波及微波频段。⑤电磁兼容性能、抗干扰能力要求高。空军通信设备与雷达、导航等其他电子设备配置密集，尤其是在作战飞机狭小的平台上加装大量电子设备和天线，电磁环境恶劣。战时，会遭受强大的电子干扰。空军通信装备更需要具备抗恶劣电磁环境、抗干扰能力。

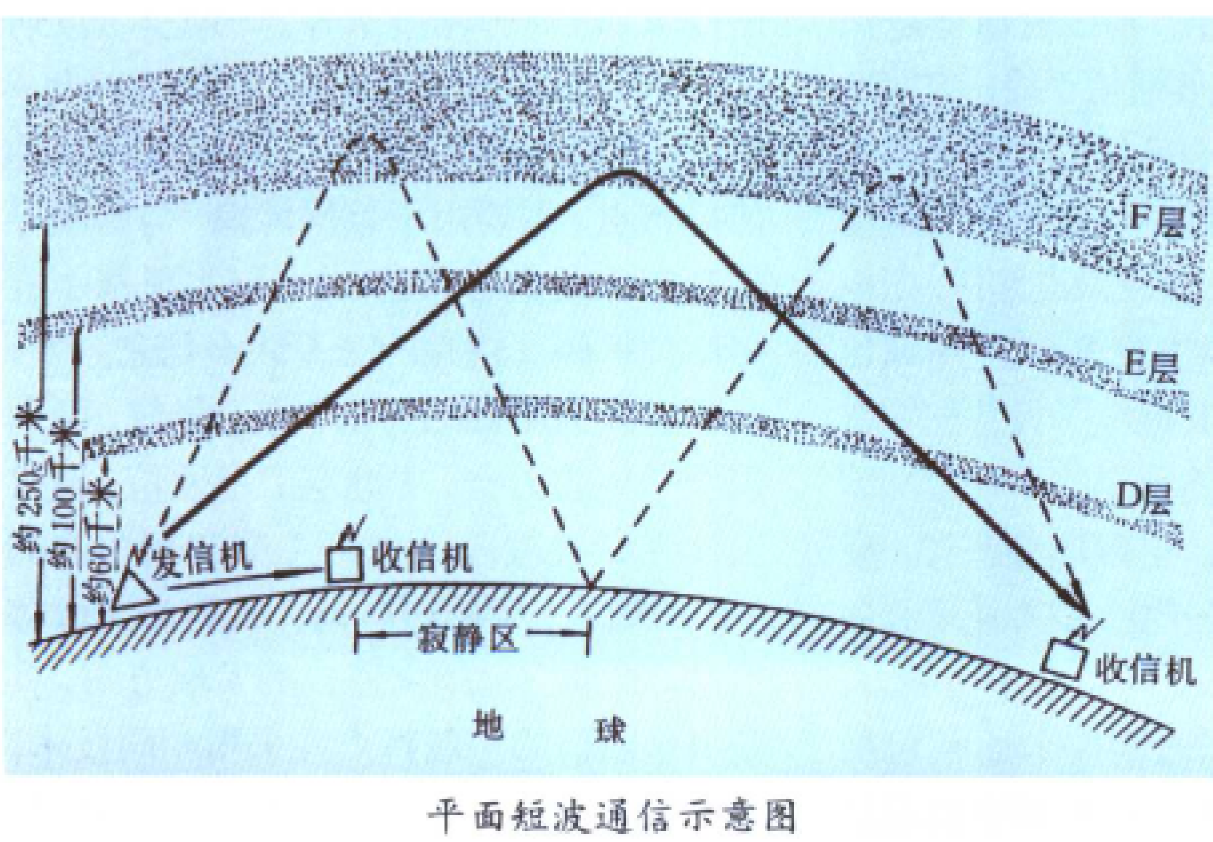
主要内容 空军通信技术通常包括地空通信（含空空通信）技术和平面通信技术。

地空通信技术 应用于地面与航空（航天）器之间信息传递的技术。主要包括地空超短波通信、地空短波通信、地空微波通信、地空卫星通信和地空简易信号通信技术。①地空超短波通信。主要用于地面与飞机、飞机与飞机之间的近距离（视距）通信。主要利用甚高频（VHF）、特高频（UHF）电磁波进行通信，工作频段为30～88兆赫、108～156兆赫、156～174兆赫、225～400兆赫。优点是信道参数恒定、信号稳定、噪声干扰小、信道容量大。缺点是由于电磁波直线传播而使地空通信距离近，通常为数十千米至数百千米。通过空中转信可以延伸地空超短波通信距离。采用的新技术有数字信号处理技术（DSP）、数字化信道技术、数据传输技术、保密通信技术、扩频跳频抗干扰技术等。②地空短波通信。也称地空高频（HF）通信。主要用于相应的远距离（超视距）通信或超低空通信。工作频段为1.5～30兆赫。主要利用电离层对电磁波的反射实现地空远距离（超视距）或者超低空通信，根据反射次数不同，通信距离可达数百至数万千米。优点是通信距离远、设备简单、造价低廉、机动灵活、抗毁性好。缺点是信道参数变化大、信号不稳定、噪声干扰大、信道畅通率低。随着自适应选频等新技术的应用，短波通信的畅通率和信号质量不断提高。另外，天线采用高仰角入射的方法可解决短波通信的盲区问题，使短波通信也可用作近距离通信。地空短波通信一般采用单边带（SSB）调制和天线调谐，采用的新技术有数字信号处理（DSP）技术，数字化信道技术，频率、功率、速率、均衡、天线等自适应技术，跳频抗干扰技术，保密通信技术，数据传输技术等。③地空微波通信。与塔康导航系统共同工作在960～1 215 兆赫频段内，具有与超短波相同的传播特点。主要用于数据传输，与塔康导航功能兼备或者兼容；也可实现基于直接序列扩频／跳频的三军联合信息分发，以及以此为基础的通信、相对导航、网内识别功能的组合。④地空卫星通信。通常工作在微波波段，也可工作在超短波的UHF频段。可传送电话、数据和图像等信息，是地空远距离通信的发展方向。具备卫星通信的一般特点并采用相同技术。受飞机机载平台空间和机动性的制约，

传输速率不宜过高，一般在几千比特/秒至几十千比特/秒，需要解决机载天线对卫星的跟踪等问题。⑤地空简易信号通信。利用简易信号通信工具、就便器材和简易方法，显示规定的信(记)号，通过直接观察辨别来传递作战指挥、空中侦察信息和进行相互识别的技术。空军必不可少的最基础的通信技术。在对空辅助指挥、敌我识别和无线电通信受阻时，简易信号通信仍将发挥重要作用。使用简便，易受自然和战场环境的影响，通信距离近。

平面通信技术　应用于空军地面各指挥机构之间、指挥机构与部队之间、部队与部队之间信息传递的技术。主要采用无线电通信、有线电通信和光通信，辅以运动通信和简易信号通信等手段。

无线电通信按工作频段和工作方式，分为短波通信、超短波通信、微波通信、散射通信和卫星通信。①短波通信。是传统的无线电通信手段，作为空军师、团以上部队应急通信，空降兵、远距离通信和雷达兵情报上报、通播的重要通信手段，在空军部队中仍得到广泛应用。平面短波通信与地空短波通信采用的主要技术相同，主要利用电离层(分为D、E、F层)反射实现远距离通信(见图)。②超短波通信。是空军雷达兵、地空导弹兵和高射炮兵部队指挥协同、情报数据传输的重要通信手段，是空降兵部队野战通信和空军应急机动通信的重要手段。平面超短波通信与地空超短波通信采用的主要技术相同，并采用数字复用技术。③微波通信。具有容量大、通信质量高的优点，随着微波通信技术的发展，微波通信在空军得到广泛应用，成为空军通信干线和支线引接、替代光纤通信的主要通信手段。尤其随着数字化技术、数字信号处理技术、同步复用技术、网络管理技术的发展和成熟，微波通信已经成为具有与光纤通信相当质量和相应容量的通信手段，并将得到同步发展。④散射通信。具有通信距离远、受地形影响小、抗核爆炸等优点。但散射通信所需发射功率大，信号传输衰落严重，设备复杂、价格昂贵，在空军使用受到局限。随着多重分集技术、自适应均衡技术、数字信号处理技术的发展以及固态功放、高增益天线、大规模集成电路的应用，明显克服散射通信原有缺点，成为空军远距通信、机动通信的重要手段。⑤卫星通信。具有覆盖面积广、通信距离远、通信容量大、信号质量好、组网灵活、受地形环境影响小等其他无线电通信手段无法比拟的优点。缺点是传播损耗大、时延大、回波明显、抗毁性差。卫星通信被广泛应用在军用和民用通信中。随着通信卫星制造技术不断发展，卫星寿命不断延长，转发器容量迅速增大，性能价格比随之增高。卫星通信频段的不断开发，相继诞生UHF波段、C波段、Ku波段、Ka波段的卫星通信网。卫星地球站在固定站的基础上，依靠设备的小型化和天线自动跟踪技术的发展，相继出现车载站、舰载站、机载站和卫星个人移动通信，拓宽了卫星通信在空军通信领域的使用范围。卫星通信采用的新技术有频分多址技术、时分多址技术、码分多址技术、数字加密技术、回波控制技术、双极化技术、多波束空间隔离技术等。



平面短波通信示意图

有线电通信利用导线传递空军作战、训练和日常勤务信息。平时空军地面通信的主用手段。按传输线路的种类可分为野战线路、架空明线和地下(海底)电缆通信。采用载波通信技术和光纤通信技术，可实现多路远距离通信。程控交换技术是空军有线电通信技术的核心。特点是使用方便，保密性强，不易受干扰，但易遭破坏。

光通信利用光波传递空军作战、训练和日常勤务信息。光波是波长在60埃至0.3毫米之间的电磁波。光通信通常专指激光通信，即用激光作载波来传递信息，亦称相干光通信。以光学纤维为传输介质的是“有线”激光通信，即光纤通信或者光缆通信；在自由空间传递信息的是“无线”激光通信，即大气激光通信。空军主要用光纤通信。特点是通信容量大、通信质量好，通过光电转换设备可与有线电通信连接使用，但易遭破坏。

运动通信以通信人员徒步、搭载运输工具，通过口头和文件传递空军作战、训练和日常勤务信息。特点是方便、可靠，但受自然和战场环境的影响，传递速度慢。

简易信号通信利用简易工具(方法)、就便器材，显示规定的信(记)号，通过直接观察辨别传递空军作战、训练和日常勤务信息。特点是使用简便，但易受自然和战场环境的影响，通信距离近。

历史沿革　空军通信技术是随着航空技术、电子技术和通信技术的发展而发展起来的。1903年，第一架飞机问世，地空通信随之诞生。当时主要使用布板、信号弹、烟火和灯光等目视信号指挥空中飞机。1919年，无线电通信开始用于空军作战指挥，采用真空管电报机。1921年，发展成无线电话。1926年，美国、苏联等国将长波电台改为短波电台，提高了通信效能。第二次世界大战期间，地空通信发展很快，1942年，英国将歼击机上的单一波道短波电台改为多波道的超短波电台。战后，超短波电台的预调波道数，由4个改为20个，出现了短波单边带电台。地空通信设备经历了由电子管到晶体管、全固态电路的发展过程，调制方式由单一制式向多制式发展，由单一功能向多功能发展，通信业务和手段由常规话音通信向数据通信、保密通信、抗干扰通信发展。无线电通信由长波通信发展为短波通信、超短波通信、散射通信、卫星通信。

有线电通信是在19世纪70年代发明了电话和诞生了人工电话交换机后发展起来的，90年代出现步进制自动电话交换机。20世纪20年代，出现纵横制交换机，60年代，出现程控交换机，电话交换的容量和速度逐渐增加。70年代，实现光纤通信，使通信容量大大增加。80年代后，随着个人移动通信的出现，卫星通信、光纤通信与有线电通信的相互结合，形成多种通信手段的一体化、综合性通信网，开始实现全球

无缝通信，更加适应空军的需要。

发展趋势 为适应现代战争的需要，空军通信技术将与信息技术、数字技术、微电子技术、光电子技术、计算机技术、网络技术等互相促进，朝着数字化、综合化、网络化、高速化、智能化、一体化和加强数据传输、安全保密、抗电磁干扰、低空远距通信、机动抗摧毁、快速反应等能力的方向发展。（田一平）

kongjun tongxin zhuangbei

空军通信装备 (air force communication equipment) 空军用于通信保障的技术装备的统称。包括专用通信装备和通用通信装备。空军装备的组成部分。空军组织通信联络，保障各级指挥员和机关对所属部队实施不间断指挥的物质基础。空军通信装备力求实现性能优良，可靠性高，抗毁性、抗干扰性和保密性好，体积小，重量轻，操作简便，易于维修等特点。按通信手段的不同，分为无线电通信装备、有线电通信装备和光通信装备；按技术体制的不同，分为模拟通信装备和数字通信装备；按用途和使用条件的不同，分为固定式通信装备和移动式通信装备。移动式通信装备又可分为机载式、车载式和便携式3类。

专用通信装备 适用于空军特殊需要的通信装备。主要包括航空通信装备、空军指挥所通信装备、空降兵定向通信装备、空军专用地面通信装备和各种空军专用配套设备。

航空通信装备 主要用于空空（空地）、地空通信联络。包括机载通信设备、地空通信设备和空中转信设备。①机载通信设备。由用于飞机与飞机、飞机与地面（舰艇）之间通信联络的各类飞机电台和机内飞行人员相互通话用的机内通信系统组成，还包括航空救生电台。飞机电台，又称机载电台，包括机载超短波电台、机载短波电台、机载数据传输设备和机载卫星通信设备等，是航空电台（包括飞机电台和地面对空电台）的一部分。机载超短波电台主要工作频段为30～88兆赫、108～156兆赫、156～174兆赫、225～400兆赫，采用调频制或调幅／调频制，以话音通信为主，数据传输为辅，通信距离与飞机的飞行高度有关，主要用于空空通信和空地近程通信。机载短波电台工作频段为2～30兆赫，通常采用单边带调制，以单边带话音通信，早期的短波电台也可以调幅话、振幅键控、移频键控等方式工作，通信距离可达几千千米，主要用于空地远程通信。机载数据传输设备采用1～4吉赫的工作频段，机载卫星通信设备采用UHF频段，可实现高速率、大容量的空地数据传输和高质量的话音保密通信。机内通信系统，主要用于多座的大型飞机或双座的小型飞机上，采用有线或无线通信方式，除机内飞行人员相互通话使用外，还可与飞机电台接通，实施对外通信联络。航空救生电台采用定频通信，工作频率为40.5兆赫（调频）、121.5兆赫（调幅）、156.8兆赫（调频）和243兆赫（调幅），能人工或自动发出遇险信号。机载通信设备与地面通信设备相比，其体积、重量受到严格限制，工作环境恶劣，在承受温度、湿度、气压和耐震、耐冲击及电磁兼容、天线等方面均有特殊要求。②地空通信设备。主要有：机场塔台对飞机联络用的塔台对空通信设备；航空管制中心对飞机指挥用的通信设备；地面指挥所对飞机指挥用的指挥所对空通信设备；机场导航保障系统与飞机联络用的电台；空军作战小组、目标引导组用的对空引导电台；遇险人员与飞机联络用的航空救生电台等。其工作频段、调制和通信方式与机载超短波电台、短波电台及航空救生电台相同。③空中转信设备。由转信飞机上的多部无线电收／发信设备组成，用于增大地空通信联络对象之间或地面通信联络对象之间无线电通信距离。

空军指挥所通信装备 主要用于空军各级指挥所进行通信联络。通常包括程控交换机分系统、集中电话分系统、数据传输分系统、对讲警报分系统、对空指挥遥控分系统、标图情报接收分系统、集中录音录时分系统、时钟分系统和电源分系统。用于保障指挥员和战勤人员接受上级指挥机关的命令、指示和警报，接收雷达、技侦等情报信息，对下级指挥所和所属部队实施指挥、报警和直接通播，保障对空引导和情报报知，与防区内的军兵种部队建立协同通信，向当地人防部门和民航通报情况。按设备安装和设置的不同，分为固定式（地面或地下）、机动式（车载或方舱）和指挥通信飞机、预警机等；按用途和使用对象的不同，分为军以上机关指挥所和航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、空降兵等部队指挥所通信设备。各种指挥所通信设备既能单独使用，又可作为C^4I系统的组成部分，担负指挥自动化系统的信息传输任务。

空降兵定向通信装备 主要用于空降兵部队伞降集结和战斗通信。包括指挥电台、头戴式接收机、信标发射机和定向接收机。定向通信装备力求具有性能好，功耗低，体积小，操作简便，抗振动、抗冲击、抗浸渍等特点。指挥电台、头戴式接收机使用甚高频（VHF）频段，单工、调频制，通话加密。信标发射机、定向接收机亦采用甚高频（VHF）频段，调频制。信标发射机用于发射连续的无方向性无线电信标；定向接收机采用无线电测向技术，通过电表指针或多个发光二极管直观地指示出信标发射机的方向，二者构成近距离定向系统。指挥电台和信标发射机配置于指挥员，用于战斗指挥和确定伞降集合点的位置。与钢盔一体的头戴式接收机、定向接收机通常配置于单兵，用于接收战斗指令和降落后向指挥员靠拢。

空军专用地面通信装备 主要用于航空管制信息和指挥自动化数据传输。包括微波接力通信设备、对流层散射通信设备和卫星话数站设备。此外，还有机场集群通信设备，用于在机场区域内传输飞行保障信息。

空军专用配套设备 主要有机场塔台指挥控制设备、地空通信远距离遥控设备、通信保密设备、录音录时设备、供电设备和测试设备等。

通用通信装备 各军兵种均适用的通信装备。主要包括传输设备、交换设备、用户设备、保密设备、供电设备和测试设备。空军编配、使用的通用通信装备种类多、数量大，主要用于保障作战指挥、情报报知、协同动作、后方勤务和警报传递等。是空军各级指挥机构、指挥机构之间及其与部队之间、部队与部队之间以及空军与其他军兵种、地方单位进行通信联络的基本保证。

第一次世界大战期间，飞机上安装了中波无线电台。20世纪20年代后期，短波飞机电台取代中波电台。第二次世界大战中，出现超短波飞机电台。中国人民解放军空军初建阶段使用电子管通信装备，主要是缴获、接收国民党军队和订购

外军的电台。20世纪50年代中期到60年代中期，仿制成功电子管飞机电台、塔台电台和对空台等通信装备。70年代，中国自行研制晶体管、微模组件和集成电路的通信装备。80年代，使用大规模集成电路的超短波VHF/UHF双频段飞机电台和对空电台、短波单边带自动调谐收/发信机、微波接力机、对流层散射机等通信装备。90年代，抗干扰航空电台、短波自适应电台、地空数据传输设备、卫星通信设备等逐步装备部队使用。

为适应信息化战争和空军攻防兼备作战的需要，空军通信装备将以数字技术为基础，增大通信距离和通信容量，提高传输速率，进一步实现系列化、模块化、标准化、智能化和综合化，减小体积、重量和功耗，提高可靠性、维修性、电磁兼容性、保密性和抗干扰能力，降低全寿命周期费用。（赵晋平）

di-kong tongxin xitong

地空通信系统 (ground-air communication system) 用于地面与航空(航天)器之间进行无线电通信联络的通信系统。主要包括地空超短波通信系统、地空短波通信系统和地空卫星通信系统。

地空超短波通信系统 又称地空近程(视距)通信系统或地空战术通信系统。是保障空军航空兵作战、训练的主要通信系统。由机载超短波通信设备和地面超短波通信设备构成。地面超短波通信设备包括机场指挥调度用的超短波塔台电台、机场导航保障用的超短波电台、空军各级指挥所对空指挥引导用的超短波对空台、目标引导组用的目标引导台、陆空协同作战用的超短波电台和遇险飞行人员用的救生电台等。

地空超短波通信系统工作于甚高频(VHF)和特高频(UHF)频段。空军常用的工作频段为108~156兆赫和225~400兆赫，通常采用调幅/调频制。空陆协同通信使用的工作频段为30~88兆赫，空海协同通信使用的工作频段为156~174兆赫，均采用调频制。这些频段利用空间直达波进行通信，通信容量大、信号稳定、噪声干扰小。因电波受视距传播限制，最大直接地空通信距离约为400千米。通常以话音通信为主，数据传输为辅。收/发采用半双工、同频组网工作，收/发转换时间小于0.5秒。在地空超短波通信中使用数据指挥引导系统，能适应作战指挥自动化系统引导多批飞机拦截多批目标的需要；利用空中平台进行空中转信，可增加通信距离；电台配装保密机，对传输的话音和数据进行加密，可提高通信保密能力；机载台和地面台广泛采用扩频、跳频技术，增强了抗电子干扰能力。

地空短波通信系统 又称地空远程(超视距)通信系统。主要用于遂行远距离和低空飞行任务的飞机与地面指挥引导机构的通信联络。由机载短波通信设备和地面短波通信设备构成。地面短波通信设备包括机场指挥调度用的短波塔台电台和空军各级指挥所指挥引导用的短波对空台。

地空短波通信系统工作于高频(HF)频段，工作频段为2-30兆赫。主要利用电离层反射实现地空远距离(超视距)通信。早期的地空短波通信主要以调幅话和等幅报方式工作。随着技术的进步，已发展为以单边带话音通信为主，数据通信为辅。突出优点是通信距离远、设备简单、造价低廉、机动灵活、抗毁性好。固有弱点是信道参数不稳定、背景噪声干扰大、信号质量差、信道畅通率低。由于计算机技术、自适应选频技术及跳频抗干扰技术在短波通信中广泛应用，克服了短波通信的缺陷，提高了通信质量，能基本满足需要。采用高仰角入射天线，解决了短波通信盲区问题，短波电台既用于远距离通信，也用于近距离通信。

地空卫星通信系统 可为远程作战飞机指挥引导提供可靠的通信保障，可提供空军指挥机构与大型远程作战飞机之间话音通信和数据通信。由机载站、专用特高频卫星转发器和固定地球站组成。机载站工作于特高频频段，工作频段为225~400兆赫。机载站卫星天线对结构、强度、增益以及方向自适应等方面的要求较高。初期，机载站只能安装使用在轰炸机、预警机、空中加油机、运输机等大型飞机上。固定地球站使用的上行/下行频率为X波段的8/7吉赫、C波段的6/4吉赫或Ku波段的14/11吉赫。固定地球站与机载站通信联络的沟通依靠通信卫星转发器的转发实现。



图1 短波单边带收信机房 刘社爱摄

地空通信系统经历了一个漫长的发展过程。从1903年飞机问世至第一次世界大战前期，空中与地面的联络主要使用目视方法，飞行员报告情况则是将文字信息空投到地面，或以不同的飞行姿态表示。地面对飞行员的指挥，通过在地面上铺设信号布板或燃放烟火实施。第一次世界大战期间，飞机开始安装无线电台，工作在中波波段，实现了地空无线电通信。20世纪20年代后期，飞机上开始安装短波电台，实现了地空短波通信联络。第二次世界大战中，出现超短波电台，实现了地空超短波通信联络。70年代末，飞机上开始安装卫星通信设备，实现了地空卫星通信联络。

地空通信系统朝着数字化和综合化方向发展。数字化是应用数字电路和微处理机对信息进行加工处理和传输，实现电台的软件化和智能化；综合化是在数字化的基础上将单一通信功能的电台发展为具有多种功能的系统，使其工作频段覆盖更宽，功能更强，使用更方便。（王宝良）

di-kong duanbo tongxin xitong

地空短波通信系统 (ground-air short wave communication system) 用于地面与飞机进行通信联络，波长为10~100米的无线电通信系统。又称地空远程(超视距)通信系统。是保障空军航空兵作战、训练的重要通信系统。工作频段为2~30兆赫，调制方式以单边带为主(图1)，也

可用调幅、振幅键控、移频键控等方式。系统中电台采用半双工和收／发同频组网工作方式。通信距离可达数百千米至数万千米。由地面短波通信设备和机载短波通信设备构成。

地面短波通信设备包括短波塔台电台和短波对空台，二者均有固定式和车载式。由收／发信机（含功率放大器）、天线调谐器、控制器（近控或遥控）、电源和天线馈线等组成（图2）。天线一般采用全向、高增益天线。功率档次通常为100瓦、200瓦、400瓦、1千瓦、5千瓦、10千瓦。短波塔台电台通常选用小功率电台，用于飞机滑行、起飞、着陆及在机场空域飞行时，塔台指挥员与飞行员之间的通信联络；短波对空台选用大功率电台，用于对执行远程和超低空飞行任务的飞机实施指挥引导通信联络。

机载短波通信设备由收／发信机（含功率放大器）、天线调谐器、控制盒和天线馈线等组成。通常，收／发信机安装在飞机的电子设备舱内，天线调谐器安装在短波天线根部，控制盒安装在飞机座舱内。飞行人员可通过控制盒或按钮对电台进行收／发转换控制。功率档次通常为100瓦、200瓦、400瓦，可根据飞机的最大航程进行选配，以满足轰炸机、运输机、新型歼击机、特种飞机，以及直升机等对远程通信的需求，满足强击机和武装直升机等对低空超视距通信的需求。除需要满足电性能要求外，还需做到体积小、重量轻、可靠性高，满足配装机种的机上环境以及电磁兼容要求。

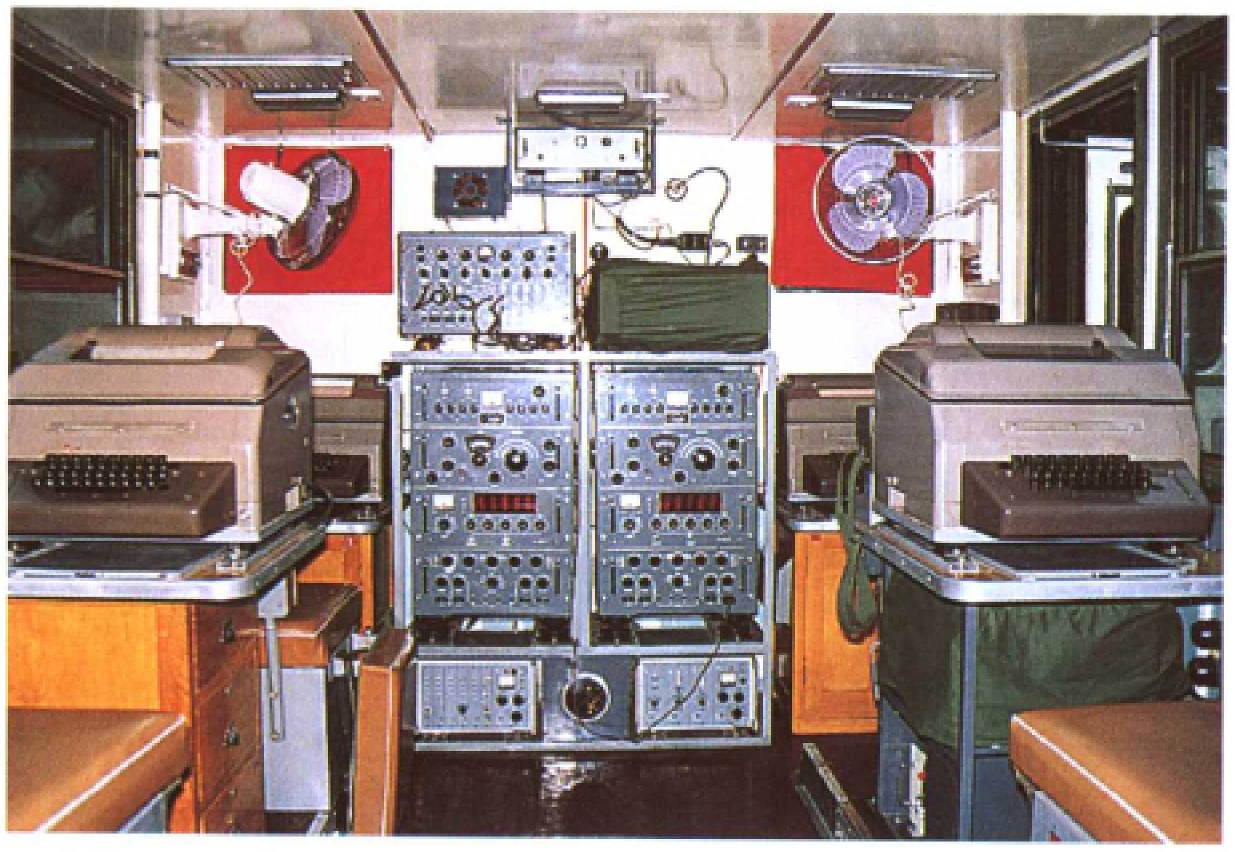


图2 短波通信设备　　林健供稿

地空短波通信系统将采用自适应技术，包括频率自适应、发射功率自适应、自适应均衡和自适应天线等，以适应参量变化和干扰严重的短波信道；采用跳频技术，增强抗干扰和抗截获能力；采用数字加密技术，进一步提高地空短波单边带通信话音加密的质量；采用新的调制解调技术、差错控制技术、压缩扩张技术和分集接收技术，提高地空短波数据的传输能力。　　（芦　群）

di-kong chaoduanbo tongxin xitong
地空超短波通信系统 (ground-air ultra short wave communication system)　用于地面与飞机进行通信联络，波长为1～10米的无线电通信系统。为地空近程（视距）通信系统，又称地空战术通信系统。保障空军航空兵作战、训练的主要通信系统。工作频段为30～88兆赫、108～156兆赫、156～174兆赫、225～400兆赫。通常采用调幅／调频制或调频制。系统中电台采用半双工和收／发同频组网工作方式。通常以话音通信为主，数据通信为辅。由地面超短波通信设备和机载超短波通信设备构成。

地面超短波通信设备由收／发信机、频率合成器、电源和天线馈线等组成，可预置若干个通信波道，在工作中转换使用。包括超短波塔台电台、超短波对空台和目标引导台。①超短波塔台电台。配有近控盒和遥控台，通常使用全向天线，架设在地形开阔、地势较高的阵地。分为固定式和车载式。主要用于飞机滑行、起飞、着陆以及在机场空域飞行时，塔台指挥员与飞行员之间通信联络。发射功率通常为6～10瓦。当飞机飞行高度为5千米时，地空最大通信距离约为250千米。②超短波对空台。配有遥控台和辅助遥控器，通常使用全向天线。分为固定式和车载式。主要用于空军各级地面指挥所对飞机实施航路或战区空域飞行时指挥引导。发射功率通常为50瓦。当飞机飞行高度10千米时，地空最大通信距离约为400千米。执行特殊任务时可使用发射功率为几百瓦的大功率对空台。③目标引导台。背负式目标引导台通常为小功率电台，用于地面目标引导组在飞机实施轰炸、空投时的目标引导。

机载超短波通信设备由收／发信机、频率合成器、电源、控制盒和天线馈线等组成。收／发信机安装在飞机电子设备舱内靠近天线处，通过电缆与电台控制盒连接。飞行员通过控制盒或操纵杆上的按钮对电台进行收／发转换控制。其发射功率通常为6～10瓦，具有体积小、重量轻、环境适应性强、可靠性高等特点。

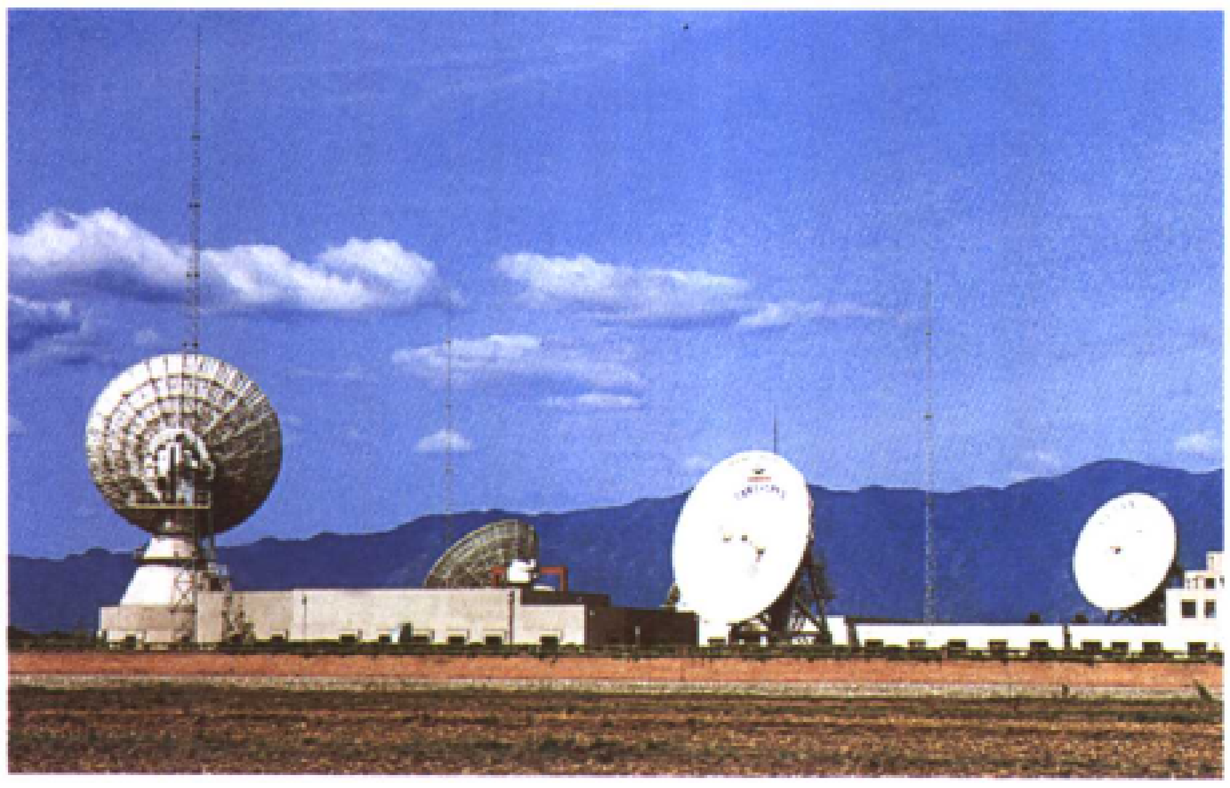
随着数据通信技术的成熟，地空超短波通信系统逐步向话数兼容的方向发展，数据通信将不断扩大在地空通信领域的使用，抗干扰能力也将进一步增强。

（王宝良）

di-kong weixing tongxin xitong
地空卫星通信系统 (ground-air satellite communication system)　利用通信卫星转发信号达成地面与飞机之间通信联络的无线电通信系统。空军卫星通信系统的组成部分。主要用于保障空军地面指挥所对执行远程任务的飞机实施指挥引导和传递数据信息。信道传输质量高，信号稳定，可进行全双工保密通信，通话时有时延感觉。当不发射空军专用的通信卫星时，可把特高频转发器搭载在其他军用卫星上，以提高系统的生存能力。

地空卫星通信系统由专用特高频卫星转发器、机载站和固定地球站（中央站、区域站、基地站）组成。固定地球站和机载站对卫星使用不同的上行／下行频段进行通信。固定地球站与卫星之间一般使用X波段的8/7吉赫，C波段的6/4吉赫或Ku波段的14/11吉赫；机载站与卫星之间使用特高频频段。由卫星上两种频段的转发器实现信号的处理转发。用特高频频段也可以实现直接的地空卫星通信，但通信容量较小。通常采用星形结构，单路单载波／按需分配（SCPC/DAMA）的多址方式，相移键控调制解调和前向纠错编码技术，传输音码话和75～2 400比特／秒的低速数据。

美国是最早部署和应用军事通信卫星的国家。1976年以后，美国空军地空卫星通信系统在卫星数据系统的卫星、舰队通信卫星及特高频后续卫星上都装有多通道特高频转发器，在国防通信卫星Ⅲ



地空卫星通信系统固定地球站　吴旭云　章文彦摄

(DSCS Ⅲ) 上装有单通道特高频转发器。地空卫星通信将开发Ka波段 (44/20 吉赫),研制和发射先进的卫星星体,提高通信容量和数据传输速率,研制重量轻、体积小、天线跟踪性能好的机载设备,进一步提高地空卫星通信系统的抗干扰性、保密性和抗摧毁性。

(谢德芳)

di-kong shuju tongxin xitong

地空数据通信系统 (ground-air data communication system) 地面与飞机之间,按照一定规约(协议)进行数据传输的无线电通信系统。用于空军指挥自动化系统对航空兵实施指挥控制提供数据传输链路。

地空数据通信系统通常由地面指挥所对空指挥引导传输设备和机载数据通信设备组成。常用的地空数据传输链路,有4A号、11号及先进的16号数据链,用来完成空空和地(海)空的数据通信。使用的频率范围很宽,包括短波、超短波、L频段和微波。美国军队的联合战术信息分发系统 (JTIDS),采用先进的16号数据链路,工作在L频段,有用信息传输速率接近70千比特/秒,能实现战术信息数据直接交换。美军近程数据通信通常使用VHF和UHF频段的超短波通信设备,其单信道地面与机载无线电系统是近距离协同作战时应用的新一代甚高频战斗网无线电通信系统,能进行高可靠度的数据通信,改进型数据通信能力可达16千比特/秒,具有跳频和保密通信能力。为满足轰炸机、运输机等远程数据通信要求,亦使用短波通信设备。短波信道时变性使传输误码率高,数据传输速率较低。地空远程数据通信又扩展到卫星通信频段,机载台和卫星之间使用UHF频段,卫星和地球站之间使用X、C、Ku波段。典型的美军Milstar系统,使用极高频频段,由6颗卫星组成,数据传输速率可达1.544兆比特/秒,可在机载台和地球站之间传输加密的数据和数字话、报。



数据通信机房　吴旭云　叶光华摄

地空远程数据通信将发展高速数据传输、卫星数据通信及自适应选频短波单边带通信系统;地空战术数据通信将提高地空和空空指挥引导数据的传输质量,发展多功能的综合性数字化电子系统,实时提供战场态势图,满足各军兵种协同作战的需要。

(毛玉泉)

tatai duikong tongxin shebei

塔台对空通信设备 (ground-air communication equipment on airport control tower) 机场指挥塔台配置的地空无线电通信设备及辅助设备。用于指挥飞机起飞、着陆和在本机场空域内飞行,监听机场空域过往飞机动态。具有可靠性高、可维修性好、机动性强等特点,并要求具备抗干扰和保密功能。通常采用双机热备份,以确保通信可靠。

塔台对空通信设备主要包括超短波电台和短波电台,辅助设备包括自备电源和录音录时设备。①超短波电台。塔台对空通信的主用设备,分为固定式和车载式两种。由收/发信机、保密机、遥控器、近控器和天线等组成。收/发信机、保密机通常设置在塔台电台室或塔台车内,由通信值班员控制;遥控器、近控器设置在塔台指挥室或指挥车内,供飞行指挥员和其助手使用,通过遥控线与电台连接,用于选择电台的通信波道、控制收发信和明/密转换;天线通常架设在塔台顶部,通过馈线与电台连接。超短波电台工作在VHF和UHF频段,可采用调幅、调频、跳频、扩频、数传等多种工作方式,发射功率在10瓦以下,采用全向天线。②短波电台。用于与装有机载短波电台的飞机的通信联络,其组成和配置同超短波电台。工作在HF频段,工作方式可采用调幅、单边带、频率自适应、跳频、数传等方式,发射功率在200瓦以下,采用全向天线。③自备电源。在公共电源中断时为通信设备供电的发电机组或电池组,配置在塔台电源室或塔台车内。④录音录时设备。与收/发信机配置在一起,记录地空通信话音、数据、时间,记录媒体可选用磁带、光盘等,记录通道大于4个。

随着空军指挥自动化系统的发展,塔台对空通信设备的功能将逐步由模拟话音通信为主向话音、数据综合通信方向发展。

(宋文学)

zhihuisuo duikong tongxin shebei

指挥所对空通信设备 (ground-air communication equipment in command post) 空军各级地面指挥所对空通信联络的无线电通信设备及辅助设备。主要用于保障地面指挥所实施对空中飞机的指挥引导。分为固定式和机动式两种。

指挥所对空无线电通信设备主要包括:超短波对空电台、短波对空电台、L频段对空电台、S频段对空电台、卫星地球站等。超短波对空电台是对空联络的主用设备,用于对空视距话音、数据通信,工作在VHF和UHF频段,可采用调幅、调频、跳频、扩频、数传等多种工作方式,发射功率大于50瓦,特殊需要时选用大于250瓦的大功率收/发信机。短波对空电台主要用于超视距对空通信联络,工作在HF频段,可采用调幅、单

边带、频率自适应、跳频、数传等多种工作方式，发射功率大于400瓦，特殊需要时选用大于10千瓦的大功率发信机。L频段对空电台和S频段对空电台的通信频带宽，适用于对空视距数据通信，主要采用调频、跳频、扩频、数传等工作方式。卫星地球站适用于对空远距离话音和数据通信，通常选用Ku波段的通信设备。

指挥所对空通信辅助设备主要包括：信道控制器、遥控信道、遥控器、辅助遥控器、录音录时设备等。信道控制器可根据联络对象选择适宜的信息传递途径和设备，控制方式有人工和程控两种；遥控信道是连接收／发信机和信道控制器的有、无线电通信信道；遥控器通过信道控制器和遥控信道与收／发信机连接，辅助遥控器串接在遥控器上，两者均可供指挥员或自动化指挥设备选择通信波道、改变工作方式、控制明／密转换、发出和接收信息；录音录时设备用于记录指挥所地空通信的内容和时间。

将指挥所对空通信设备配装在车辆上，构成机动式指挥所对空通信设备。包括超短波对空车、短波对空车、卫星通信车和综合对空车。用于特殊情况下野战指挥所的对空通信台站或临时对空通信台站。

随着空军装备和指挥自动化系统的发展，指挥所对空通信设备已由单一频段、调幅话音通信，发展为多频段、网络化，并具备先进的话音／数据综合通信、抗干扰和保密功能。（宋文学）

tongxin daohang shibie zonghe xitong

通信导航识别综合系统 (integrated communication, navigation and identification system) 具有通信、导航和识别功能的航空电子综合系统。有两种实现方法：①将通信、导航和识别功能有机地集合在一个系统中，即按照系统工程原理，从信息的产生、处理、传输、控制和显示等层次，构成集通信、导航和识别功能于一体。美国军队的联合战术信息分发系统（JTIDS）已实际应用。采用时分多址和码分多址的工作方式，运用链接纠检错编码技术和发射加密与信息加密双重保密措施，在960～1 215兆赫频段内，向系统众多用户间提供大容量数据传输、数字化语音、精确测距、相对导航、系统网内成员识别等服务。系统可靠性高，保密、抗干扰、抗截获、抗毁能力强，使用灵活，体积、功耗小，重量轻，全寿命费用低。其大容量、抗干扰的数传通信能力，准确、实时的导航定位能力和迅速、可靠的网内成员识别能力，为形成实时的战场态势图，提高指挥控制和各作战单位间协同动作的准确性创造了条件，能适应航空兵指挥自动化系统、预警机和指挥通信飞机执行指挥控制任务的需要。②将分别具有通信、导航和识别功能的独立设备连接成具有相应功能的综合系统。即运用数据总线技术，将各个独立的机载通信、导航和识别设备连接起来，构成一个整体，实现统一的管理、控制和综合显示。可在保持原通信、导航和识别设备各自性能的前提下，提高设备的可靠性，减轻飞行员的操作使用负担，提高各独立功能设备在飞机上安装的有效性，是解决飞机上电子设备日益增多带来多种矛盾的一种方法，已在许多飞机上采用。

通信、导航和识别综合系统的构想和研究，始于20世纪50年代。70年代初期，美国海军进行了集成战术导航系统和集成战术空中控制系统的研制，美国空军进行了针对E-3A飞机机载预警和控制系统使用的以数字通信为主、兼顾导航功能的抗干扰通信系统的研制。70年代末期，美国空军实施了多功能、多波段机载无线电系统的计划，80年代又实施了综合通信导航识别航空电子系统的计划等。随着超高速集成电路、超大规模集成电路、射频大规模集成电路等器件和数据通信、导航定位、识别、抗干扰、软件无线电、数据总线等技术的发展，通信导航识别综合系统进一步扩大功能综合程度和提高战术技术性能。（郭延绪）

kongjun wuxiandian tongxin

空军无线电通信 (air force radio communication) 空军利用无线电波传递信息而达成的通信。可传递话音、报文、图像、数据或其他信息。是空军作战指挥、情报传递、兵力集成的主要通信手段。优点是建立迅速，便于机动。缺点是无线电信号易被敌方截获、测向和干扰，存在多径传播、多普勒频移、噪声与干扰、延时与损耗等对信号质量的损害，有的波段信道不够稳定。

工作原理 发射方终端设备将需要传递的各种信息转换成电信号(即基带信号)，发信设备对基带信号进行调制、变频、功放使其成为适合媒质传播的射频信号，经发信天线将此射频信号转换成电磁波能量送入传播媒质。接收方天线将感应到的微弱电磁波转换成射频电信号，收信设备对此信号进行选择、放大、解调恢复成相应的基带信号，接收方终端设备将其还原为发射方信息。

分类 空军运用的无线电通信手段，有无线电台通信、无线电接力通信、卫星通信、散射通信和移动通信。按电波波长、媒质特性、中继位置、用户特点等不同，分为中波、短波、超短波、微波接力、卫星、散射和移动通信。

中波通信　波长在100～1 000米范围内的无线电通信。空军利用地面中波导航机和机载无线电罗盘组成的系统，引导飞机飞行或归航着陆。利用中波导航机对空中飞机实施单向应急指挥通信。



图1　空军短波对空台正在工作

短波通信　波长在10～100米范围内的无线电通信。空军使用波段多为1.5～30兆赫。分地波和天波两种传播方式。天波传播信号存在多种衰落，信道不够稳定。短波通信的设备比较简单，容易开设和撤收，便于机动(图1)。采用抑制载波和无用边带的短波单边带技术，

可使短波通信节省发射功率、占用频带窄,能进行多路通信;采用实时信道估值与系统参数自动调整的短波自适应技术,能自动适应短波信道变化特性、降低干扰信号幅度、调整数传速率或功率电平,提高短波通信质量、效率和畅通率;运用能使工作频率随机跳变的短波跳频技术,可使短波通信躲避干扰、减少被侦听概率;利用多子信道并行体制或单一信道串行体制数字技术的高频调制解调器,可在短波模拟信道上实现较高速率的数据传输;采用大规模集成电路和软件编程等软件无线电技术,可实现短波电台的数字化及多频段、多制式。空军的短波通信用于地面通信和地空通信。采用垂直天线靠地波传播的短波地面通信,工作频率低、通信距离短,主要供空军应急机动作战部队实施战术通信。采用定向天线靠天波传播的短波地面通信,适合中、远距离通信,是空军固定和机动短波通信台站的主要工作方式。采用全向或定向天线(如同相水平天线)靠天波传播的短波地空通信(图2),是空军地空通信的重要手段,可实现地面

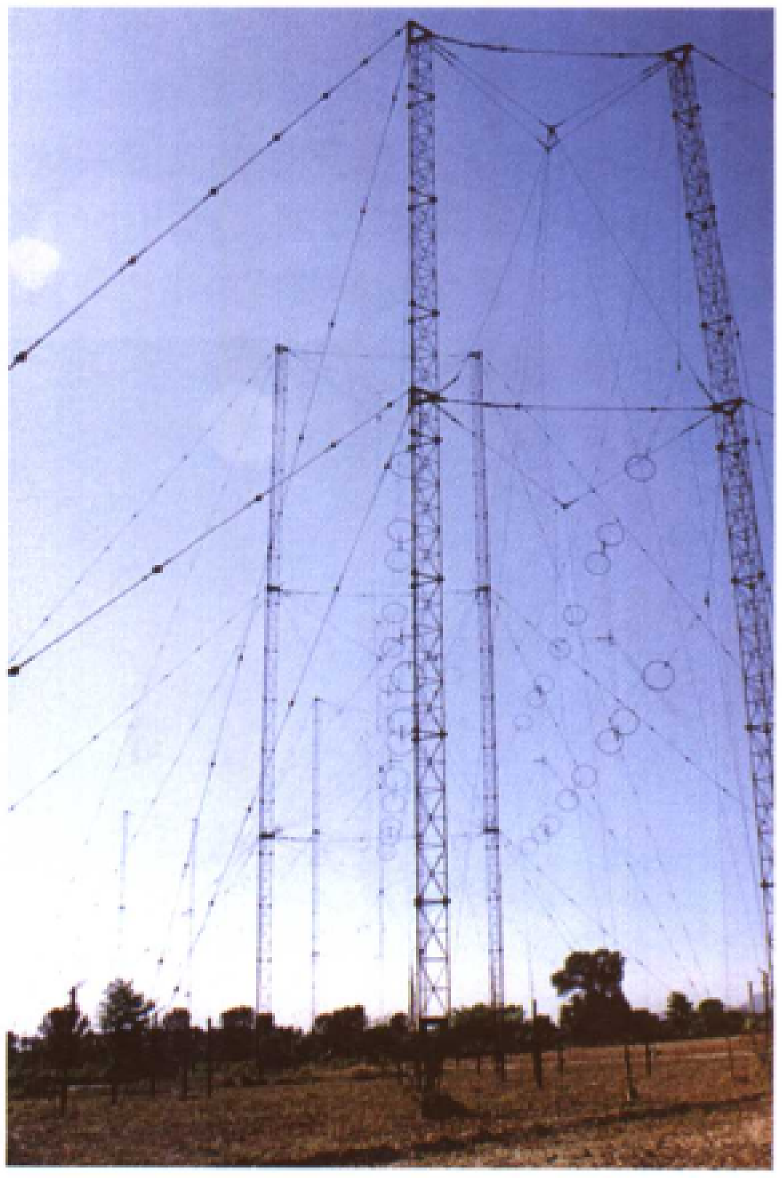


图2 空军短波通信使用的同相水平天线

对低空、远距离飞行的飞机联络。经电离层一次或数次反射可进行远距离和环球通信。

超短波通信 波长在1~10米范围内的无线电通信。空军使用波段为30~400兆赫。以空间波(视距传输)为主要传播方式,通信距离与天线架设高度、地形和飞机的飞行高度有关,地面天线架设越高,地形越平坦,飞机飞得越高,通信距离就越远。传播比较稳定可靠,天电干扰较小,频率范围较宽、容量较大。采用直接序列扩频、跳频,或将两种技术综合使用的超短波通信,具有防窃听、抗干扰的功能,可进行码分多址通信;采用宽(窄)带调幅、调频体制等多种调制解调技术的超短波通信,具有调幅明/密话、调频明/密话、电报以及频分多路无线电接力等多种通信方式;采用集中遥控和遥控组网技术的超短波地空通信,可实现区域内对空电台的联网使用和跨区越级对空指挥;采用高速调制解调技术和保密机的超短波通信,具有数据通信或数字密话通信功能。空军的超短波通信主要用于地空、空空通信。机载超短波电台均设有预调波道,飞行人员可通过转换波道,不寻找、不微调地加入不同的网路。

微波接力通信 波长小于1米,靠空间波传播和地面中继站(图3)转接的无线电通信。一跳距离一般为20~50千米,全程可达数千千米,具有频段宽、通信容量大、大气噪声小等优点,但受地形和障碍物的影响较大。采用数字化技术的微波接力通信系统,具有数字信道特征,可直接传输数字信号。基带信号为模拟信号的微波接力通信,采用调制解调技术;基带信号为数字信号的微波接力通信,采用抗干扰性强、频谱效率高的键控等调制技术。数字微波接力通信广泛采用数字复接/分接等数字传输技术,能形成大容量、高速率的多路数字信号共同传输。微波接力通信基本的抗干扰体制采用了跳频和直接序列扩频技术,将跳频、直接序列扩频与前向纠错编码、频率分集、空间分集、自适应输出功率调整等技术结合使用,可提高微波通信系统的抗干扰能力。中、大容量的数字微波接力通信系统,是空军组织干线通信、建立通信网节点和通信要素连接电路的重要手段。



图3 微波接力通信地面中继站

卫星通信 利用人造地球卫星进行中继的无线电通信。具有通信距离远、覆盖面广、容量大、质量高、组网灵活、受地理条件影响小等特点。在卫星通信中,已采用多种多址联接方式,实现多个地球站之间利用一个中继卫星同时进行双边或多边的通信。通过一系列星上信号处理技术,卫星转发器将信号在地面上的处理和交换功能移到星上完成,提高卫星通信系统的性能,增强抗干扰能力。利用相控阵天线技术或馈源阵天线技术,配合星上信号交换技术实现的多波束天线和自适应调零天线,提高星上辐射功率和系统传输容量,增强抗干扰、抗摧毁能力。利用激光通信、微波通信建立的星间线路,为空间卫星组网、消除双跳、缩短时延、实现卫星移动通信、提高系统生存能力等奠定了基础。极高频(EHF)频段(44/20吉赫)技术的应用,实现大容量的通信,提高了军事通信抗干扰和生存能力;UHF频段(400/225兆赫)技术的应用,增强地面终端的机动性能,适应战术/移动通信的要求,为在地空通信中使用卫星通信提供了可能。空军组织的卫星话/数通信网,主要用于实施空中交通管制的地面航空管制系统。用于地空通信的卫星通信系统,正在空军航空兵部队扩展使用。

散射通信 利用对流层、电离层对无线电波的散射作用而达成的微波、超短波无线电通信。可传送电话、电报、数据和图像。通信容量较大、距离远,不受大气层扰动和磁爆、核爆炸影响,但设备较庞大。主要用于干线通信。运用多重分集接收和多种合并技术,

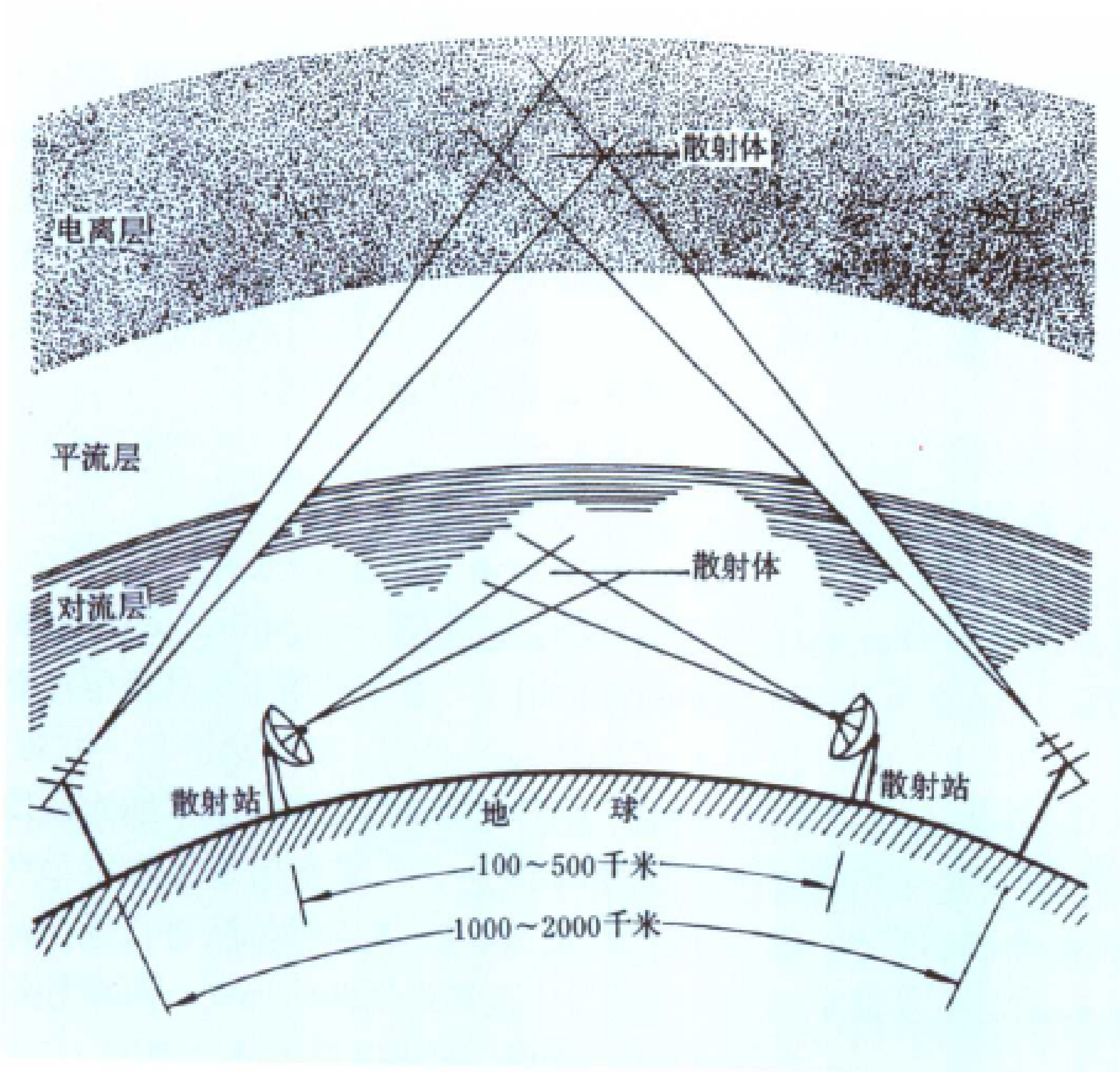


图4 散射通信示意图



图5 散射通信站

需动态分配的特点。用于公众通信的蜂房移动通信，采用小区制组网技术为基础的混合式组网技术，具有区域联网漫游通信的功能。利用一组低轨道小卫星星座组成的卫星移动通信，具有符合空军航空兵战术运用需求的特性。移动通信主要用于空军航空兵地空通信、机场的指挥调度以及空降兵战术分队作战指挥等。

空军无线电台通信的组织运用方法是网路通信、专向通信和网路与专向相结合的综合法通信；无线电接力通信的组织运用方法是干线通信和支线通信；卫星通信、移动通信的基本组织运用方法是网路通信；散射通信的组织运用方法是点对点通信。

可使散射通信抗衰落影响(图4、图5)。

移动通信 通信的一方或双方处于运动状态下的无线电通信。机动、灵活，适应部队机动。采用窄带数字调制解调技术的移动通信，能充分利用频谱资源，具有优良的误码率特性；采用扩谱调制解调技术的移动通信，能实现码分多址通信的功能和较强的隐蔽性、保密性和抗干扰性。战术移动通信网中，固定频率工作时采用有交换功能的栅格组网技术或分布式组网技术，跳频工作时采用异步组网技术或同步组网技术。用于区域机动的双工移动通信网，由车载无线中心站为节点，采用空中接口组网技术。用于调度指挥通信的集群通信系统，采用大区制组网技术，具有频率共享、频道按

简史 1864年，英国人J.C.麦克斯韦从理论上预言电磁波的存在，并证明可在真空中以光速传播。1887年，德国人H.R.赫兹用实验方法实现电磁波的产生和接收。1895年，意大利人G.马可尼和俄国人A.C.波波夫分别进行无线电通信实验，研制无线电收发报机。此后，无线电通信得到迅速发展。1910年前后，法、俄、英等国积极进行地空无线电通信试验。使用火花发报机和矿石接收机，接收机灵敏度很低，有效通信距离仅十几公里。1919年，在飞机上安装真空管收发报机，使地空之间从单向无线电报通信发展为双向无线电报通信。1921年前后，飞机上开始使用无线电话，为单座舱飞机运用无线电通信提供可能。1926年，美国和苏联将飞机上的长波电台改装为短波电台，使机载通信设备的体积、重量和天线长度都大为减小，通信距离显著增加，开始地空远距离短波通信。1942年，英国在歼击机上配备多波道超短波电台代替单一波道短波电台，使通信容量有所增大，通信稳定性有所提高，并减小了体积，减轻了重量。

中国于1905年开始筹办无线电通信。1907年，设在上海和长江口外崇明岛上的无线电台，开始用火花发报机和矿石接收机进行无线电报通信。1931年，中国工农红军开始使用无线电通信。1949年中国人民解放军空军建立后，在北京设立无线电台，最早使用的是一部日本制造的发信机和两部美国制造的收信机。随后，开始大规模无线电通信网建设。

发展趋势 提高现有波段频谱的利用率，加强通信抗干扰能力，提高通信的可靠性和保密性；采用微处理技术、微电子技术和数字技术，提高通信设备的综合化、数字化、自动化、小型化水平和自适应能力；短波通信朝装备功能多样化和多制式、多频段的软件无线电方向发展；超短波地空通信朝多波道、双频段、扩跳频和话数兼容的方向发展；卫星通信将扩大容量、增加功能和业务，提高地球站设备的小型化、智能化，改善机载天线跟踪性能，提高抗干扰性、保密性、机动性和抗毁性；无线电接力通信系统继续发展高速数据的稳定可靠传输；移动通信朝移动和固定通信系统的互连组网的网络通信方向发展。

（尹 军 姚金满）

kongjun weixing tongxin
空军卫星通信 (air force satellite communication) 空军利用人造地球卫星进行中继而建立的无线电通信。具有通信距离远、覆盖面广、容量大、质量高、组网灵活、受地理条件影响小、建设快、投资省和可进行广播等特点。按联络方式，分为空军地面卫星通信系统和空军地空卫星通信系统。空军地面卫星通信系统，适合在全国范围内空军各级指挥机构、部队等相关单位之间实现直达、快速、保密和交互式的信息传递。可传送话音、报文、数据、图像等信息；空军地空



图1 中国实用通信广播卫星

卫星通信系统适合地面指挥所对大型飞机实施远程指挥引导。

组成 主要由通信卫星（图1）、一个或两个互为备用的中央（网管）站及众多的远端站（固定站、可搬移站）、车载站和机载站组成（图2）。通常使用军用通信卫星，也可租用商用卫星转发器。中央站配备较大口径天线，远端站配备甚小口径天线，机载站配备小型跟踪天线。

常用的上行/下行频率为C波段6/4吉赫，X波段8/7吉赫和Ku波段14/11吉赫。空军地空卫星通信通常使用225～400兆赫频段。网络结构有星形、网格形和混合形3种。星形网以中央站为中心，各远端站之间的通信均由中央站转接，信息利用同一颗卫星转发两次，传输时延较长，通常用于数据通信；网格形网的中央站负责卫星信道的管理和分配，适合于话音通信和电视会议等业务；混合形网兼有星形网和网格形网两种功能，适合于传输多种业务。

空军卫星通信采用多址联接方式，通常是统计时分复用/码分多址（STDM/CDMA），跳频/时分多址（FH/TDMA），单路单载波/按需分配（SCPC/DAMA）和时分复用/时分多址（TDM/TDMA）。信息传递采用话音编码、相移键控调制解调、前向纠错编码、分组传输和交换及帧中继等技术。

简史 1945年，英国人A.C.克拉克最早提出卫星通信的设想。1965年，国际卫星通信进入实用阶段。1970年后，美国军队相继建立“国防卫星通信系统”，“舰队卫星通信系统”，“特高频后续卫星”和“军事星”等卫星通信系统。20世纪80年代初，计算机与远程通信技术有机结合，出现甚小口径天线的卫星地球站，即VSAT小站，促进了卫星通信的迅速发展。

发展趋势 采用新体制，开发新频段，扩大容量，增加功能，兼容多种业务；研究解决星体的抗干扰和星上处理交换能力；提高地球站设备的小型化、集成化、智能化水平和降低造价，减小机载站设备的体积和重量；改善机载天线跟踪性能，提高卫星通信系统的抗干扰性、保密性、机动性和抗毁性。

（谷深远）

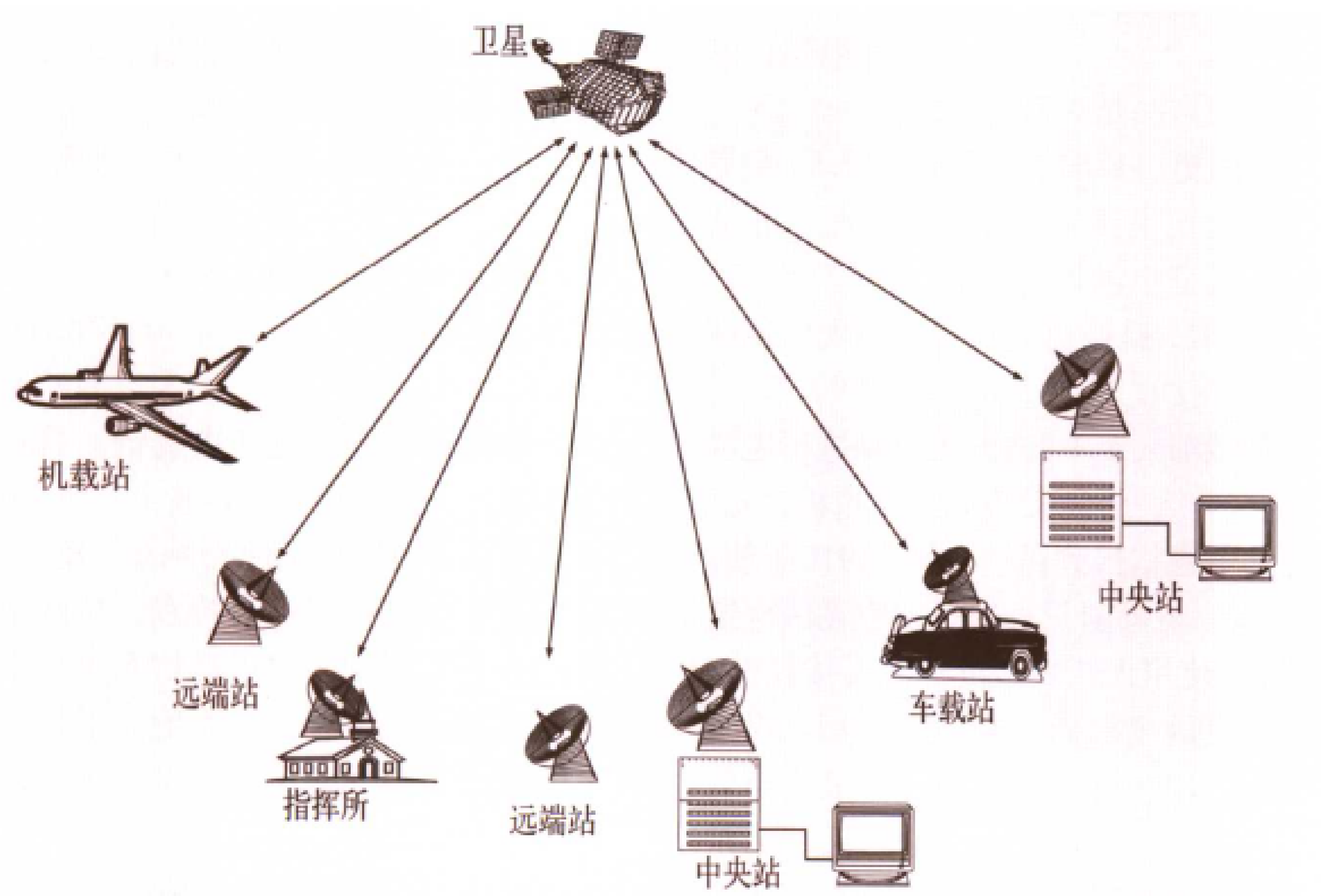


图2 空军卫星通信系统组成示意图

kongjun youxiandian tongxin

空军有线电通信 (air force wire communication) 空军利用金属导线传输电信号而达成的通信。可传输话音、报文、传真、数据和图像等信息。空军地面通信的重要手段之一。主要用于保障空军各级指挥员、机关、各兵种部队进行地面通信(图1)。通常采用网络形式，可单独组网或与光缆、无线电信道结合组网。与无线电通信相比，性能稳定、通信质量高，利用复用设备可获得较多的信道，电磁辐射较少，保密性较好，不易受自然和人为干扰，能较好地保证信息的正常传输。但建设投资多，施工时间长，维护工作量大，机动性和抗毁性差，不便于与运动中对象进行通信。



图1 空军长途台话务员接转电话

按复用方式，分为频分制多路通信和时分制多路通信；按传输信号形式，分为模拟通信和数字通信；按传输媒介，分为被覆线通信、架空明线通信和电缆通信。被覆线通信，架设和撤收灵活，适合于部队地面机动、开设野战指挥所或临时抢通时的近距离通信；架空明线通信，常作为地面次要方向较长距离通信或在有线电通信网中作电缆干线的补充；电缆通信，通信线路为地下（架空）电缆（图2）和海底电缆，特点是传输频带宽、通信容量大，性能稳定、传输质量高，适用

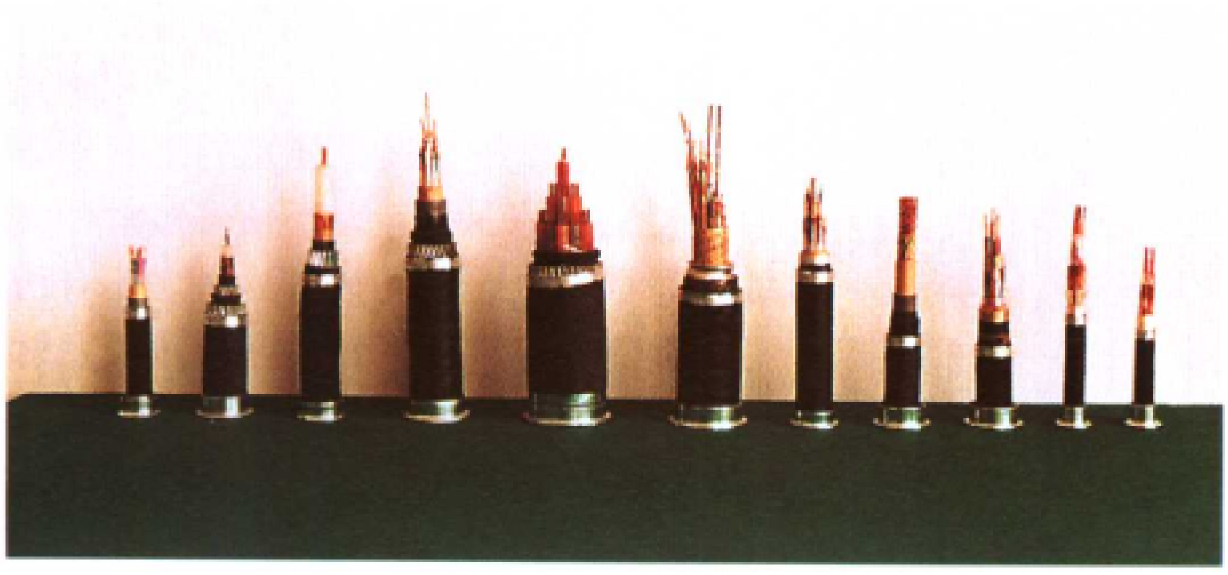


图 2 通信电缆

于建立远距离的干线通信，但技术复杂，建立费时，遭破坏后较难恢复。

有线电通信系统由用户设备、交换设备和传输设备等组成。用户设备的作用是：在发信端，将信息变换成电信号输入到传输交换系统；在收信端，再将传输交换系统输出的电信号恢复成信息。常用的用户设备有电话机、电传打字机、数据终端设备和可视终端设备(如用户传真机、书写电话机、可视电话机等)。交换设备(图3)分为电话交换机、电报交换机和数据交换机。连接本地电话用户的称为本地电话交换机(市内电话交换机)，连接长途通信线路，能与外地用户相连通的称为长途电话交换机。传输设备包括线路设备和多路复用设备(终端设备)。线路设备包括通信线路和增音(中继)设备；增音(中继)设备用以延长传输距离；多路复用设备用以提高线路的利用率。



图 3 有线电通信系统的程控交换机

20世纪70年代以来，随着集成电路和计算机技术等在通信方面的广泛应用，空军有线电通信得到快速发展，线路设备已普遍使用宽频带的同轴电缆，终端设备正朝着宽频带、大容量、数字化的方向发展。有线电通信的交换技术从模拟交换发展到数字交换，从集中控制过渡为分散控制，从随路信令发展到共路信令。软件设计方法不断更新，支援系统不断完善。随着信息技术的发展，交换技术将从电话交换发展到话音／非话业务的综合交换，从电交换发展到光交换；通信线路将逐渐用光缆代替，并开发应用ATM技术，使相应的通信网发展为智能化的宽带综合业务数字网。

（杨钧锡）

kongjun guang tongxin

空军光通信 (air force optical communication) 空军利用光传递信息的通信方式。空军通信的手段之一。按光源特性的不同，光通信分为激光通信和非激光通信。激光是一种方向性极强的相干光，激光通信是利用激光器产生的激光传输信息。非激光通信是利用普通光源(非激光)传递信息，如灯光、闪光、烽火、烟火通信等传输信息，在空军通信分类中这些又被划归简易信号通信；按传输波段的不同，光通信分为可见光通信、红外线(光)通信和紫外线(光)通信。可见光通信是利用可见光传输信息，早期采用普通光源，如火光、信号弹等，近代有氦氖激光(红色)通信和蓝绿激光通信。红外线通信、紫外线通信是利用红外线、紫外线传输信息，二者均为非激光通信。随着科学技术的发展，非激光通信已部分地被激光通信代替。

空军光通信主要是按传导媒介进行分类，分为光缆通信和大气激光通信。①光缆通信。利用具有特殊光学性能的光导纤维传导光波进行通信。又称光纤通信。光缆通信系统主要由光纤信道和光端机(图1)两大部分组成。利用现有通信终端经过“电—光”和“光—电”转换，通过光导纤维(实用中是将多根纤维编成光缆)进行传输。光缆通信频带宽，通信容量大，采用单模光纤在一根光纤上可传输12～48万话路信号，采用波分复用技术在一根光纤中可传输多个波长的光信号，话路数量达700万以上；中继距离远，可达200至数千千米；有较强的抗电磁干扰能力和防泄漏能力，通信质量高，便于保密。与电缆相比，具有体积小、重量轻，可省去大量金属材料等特点，已逐步替代电缆传输，成为空军电话交换、数据交换的主用传输信道，是空军地面通信广泛使用并大力发展的重要传输手段。②大气激光通信。利用大气作为传播媒介的激光通信。可传递话音、报文、数据、图像等信息。大气激光通信系统由大气信道、光发送机、光接收机、电发送机、电接收机和光学发送及接收天线等部分组成。具有抗电磁干扰性能好、设备轻便、保密性强、机动性好等特点，但使用时发送与接收天线相互对准困难，通信距离限于视距范围(数千米至数十千米)，易受气候和外界影响，在恶劣气象条件下通信易中断，适用于地面近距离通信。

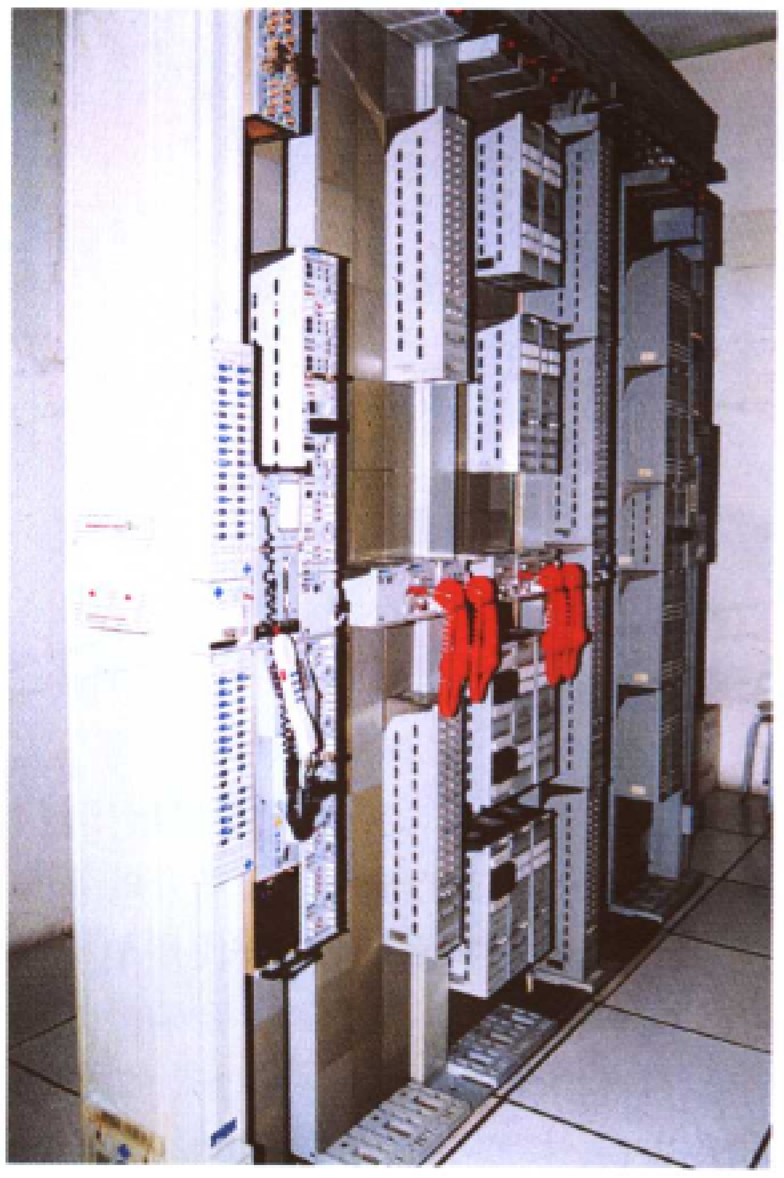


图 1 光缆通信的光端机

公元前700多年，中国的光通信是利用烽火台的火光进行的。以后，世界上采用光学系统组成通信网。一般为可见光通信，频率不是单一的，传播的距离限于可视距离，传送速率慢。20世纪60年代，

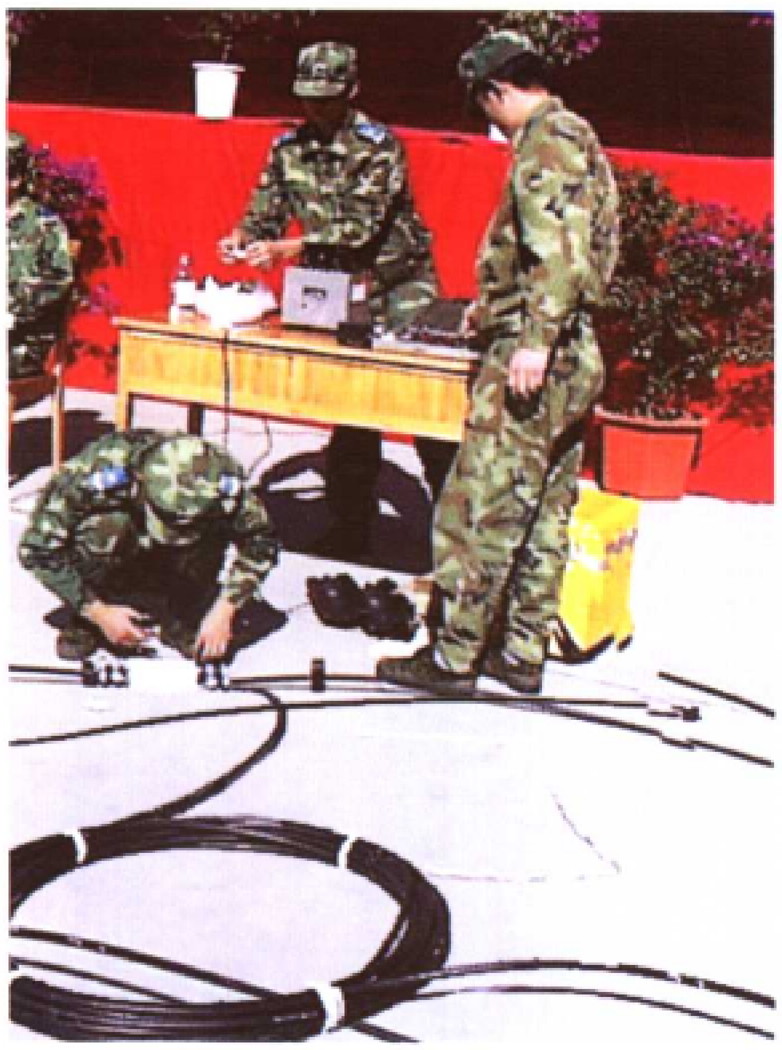


图 2 光缆接续训练

激光器问世。70年代初，光导纤维出现，使光通信进入以光纤为传导媒介的新阶段（图2）。光纤通信在主要使用单模光纤、分布反馈式铟镓砷磷／铟磷激光器和采用直接调制方式的基础上，将朝着超长波长、超低损耗、波分复用、光时分复用、光交换、相干光通信、光纤孤子通信、光集成和不用进行“光—电”、“电—光”变换的全光通信等方向发展。

（尹 军 李维民）

kongjun yundong tongxin

空军运动通信 （air force messenger service） 空军通信人员徒步或乘坐交通工具传递信息的通信方式。空军通信手段之一。可同时传递数量多、体积大的公文、信件，还可传递磁带、磁盘、光盘等电子信息载体和口头信息。保密性强、准确可靠，但易受天候、地形、道路和交通工具以及敌情的影响，通信速度较慢，通信范围受一定限制。

运动通信通常按级组织，由通信双方互派信使。组织方法分为直接传递和中间转递。直接传递是将文书直接送往收件单位，战时多采用这种方法；中间转递是在通信对象之间的适当地点开设文件收发站（室）收转文书，或由指定的文件收发站（室）转递文书，也可由双方在约定的时间、地点交换文书。派遣运动通信人员时，需要使其明确传递路线、敌我识别方法和遇敌时保证文书安全保密的处置措施。执行运动通信任务的车辆需有明显标志并有权超越行军车队。必要时可指派通信飞机或由作战飞机兼负传递文书的运动通信任务。开设通信枢纽各要素时，需要考虑通信飞机起降场或信袋空投场的位置。使用空投信袋传递文书时，在信袋上系长彩带，以便地面通信人员及时发现和回收。

运动通信是传统的通信手段。中国古代就有用于徒步或车骑传递消息的组织机构，称邮驿或驿站。公元前490年，希腊士兵菲迪皮茨从马拉松平原跑到雅典报捷，以至以身殉职，是历史上一次著名的运动通信，后人用“马拉松”命名一项长跑运动来纪念他。1871年，普法战争中法军用气球传递邮件，成为近代利用航空器实施运动通信的先例。飞机问世之初，没有无线电通信，地空之间使用简易信号通信工具保障地空和空空联络。但当需要向地面传递空中侦察情报等较多通信内容时，采用投放通信袋或者放飞通信鸽等运动通信方式。现代战争中，运动通信将发挥特殊作用。许多国家的空军都编有运动通信分队，配有通信飞机等先进的运动通信工具，有的国家还曾编有通信航空兵。1991年的海湾战争中，美国空军拥有强大的电子通信力量，仍经常利用信使传递录有空中任务指令的磁盘。

空军运动通信还担负军邮业务，负责邮递军队内部以及与地方之间的函件、报刊、图书、包裹和办理汇兑等。组织军邮需要考虑与地方邮政相结合。

（黄春光）

kongjun jianyi xinhao tongxin

空军简易信号通信 （air force simplified signal communication） 空军部队使用简易信号通信工具、就便器材和简便方法，按照预先规定信号或记号传递信息的通信方式。是广泛使用的辅助通信手段。具有易于实施、使用简便、传达直接，在一定范围内能同时被指战员知晓等特点。常用于发放警报信号、传递简短命令、协同动作、报告情况及地空识别、指示目标和标示战线。如飞机隐蔽出航、实施无线电静默、空降兵伞降着陆集合及无线电通信无法沟通时，作为主要的替代和应急通信手段。缺点是易受天候、地形、战场环境等影响，有被敌方冒充的可能，传送的信息量小，通信距离近，通常用于战术范围内近距离通信和导航。分为简易视觉信号通信和简易听觉信号通信。

简易视觉信号通信使用的工具主要包括发光信号器材、发烟信号器材和实物信号器材。①发光信号器材主要有信号弹和信号灯。信号弹因装药不同，发射后能在空中发出红、绿、白、黄等不同颜色的强光，多用于机场飞行时的辅助指挥和控制。飞机上装有信号弹发射装置，用于紧急情况下与地面或编队中其他飞机进行应急通信。信号灯是利用设置成不同颜色、不同形状及不同的闪烁方式来传递助航信息，包括机场助航灯光系统、人工或天然障碍物上的障碍灯、机载航行灯等。机载航行灯包括白色的尾灯和左红右绿的翼灯，用于表明和判断航空器的运动方向，防止相撞。其位置、颜色及空间能见度范围，国际上有统一规定，军、民航一致。②发烟信号器材中最主要的是发烟罐，用于地空识别和飞行员的遇险求救通信。③实物信号器材通常指信号布板、旗帜、形体物等。信号布板是选择便于空中观察识别的红、白、黑等颜色的布板，按规定摆成不同图形，以表示不同含义。为飞机指示着陆方向和位置的布板，通常摆成“T”字形，信号布板亦称为“T”字布。

简易听觉信号通信使用的工具主要有警报器、军号、扩音器、电铃、哨子等，以发声的次数、长短、节律等表示信号内容。通常用于警报的发放、指挥所值班等级的转进、部（分）队的集合，营区作息时间控制等。传递识别口令也是一种简易听觉信号通信方式。

简易信号通信需作统一规定，集中进行组织。属于各军兵种共同使用的，由军队最高领率机关规定和组织；属于空军范围内的，由空军司令部负责。通常作战部门提出信号的内容，通信部门规定表示的方法。简易信号规定力求内容周全、简明易记、含义准确、区别明显，便于使用多种信号通信工具发放。运用简易信号通信的主要方法是直接传达，当条件限制时，亦可经中间转发。简易信号通信实施时，需要选择适宜的发放工具，有关人员熟记信号规定、注意观察和听辨，并提防敌方冒充和利用。

简易信号通信是一种古老的通信手段。中国殷商时期军事通信已经使用旗、鼓、角。13世纪，成吉思汗使用带哨的

鸽子指挥部队行动，使用哨子箭指挥弓箭手射击。20世纪初，简易视觉信号通信是地空通信联络的主要手段。第一次世界大战末期，飞机普遍使用无线电通信后，简易信号通信作为辅助通信手段，在空军一直沿用。信炮、信号弹、望远镜的应用，增大了目视通信距离；电的应用，使音响、发光器材性能提高。随着新技术、新材料在简易信号通信中的运用，简易信号通信效能不断完善，作用逐渐扩大。在无线电通信受阻时，仍将发挥重要作用。 （黄春光）

kongjun zhanshu shujulian

空军战术数据链 (air force tactical data link) 空军用于传输战术数据的地空、空空无线电通信链路。空军指挥自动化网络的组成部分。通常用于飞机编队与地面之间、飞机编队内部或编队与编队之间战术数据的传输与交换，保证战术数据共享和指令及时传送，协调作战行动，从整体上提高作战能力和效率。

分类 按功能主要分为两种：一种通常用于电子侦察机和预警机等，以传输战术数据，共享资源为主，要求具有较高的数据率和较低的误码率；另一种主要用于其他作战飞机和武装直升机等，以空中战术行动的指挥引导、战情报告（如本机参数、目标参数等）为主，要求数据率不高，但数据需准确、可靠。按传输手段，分为超短波（视距）、短波（超视距）无线传输和通过战术移动卫星的无线传输。按工作方式分为：①轮询方式。在网络中设定一个主控站，主控站以给定顺序周期地询问每个从站，被询问的从站应答主控站，将待发数据发送到链路上，其余各站可接收这些数据。②广播方式。在网络中仅允许一站发送，其余站接收，发送站周期地向网络中发送数据供各站共享。③点对点方式。实现两个站之间的数据发送与接收。④短暂广播方式。为对抗敌方电子干扰或防止暴露己方采用的特殊工作方式，在整个网络处于无线电静默状态下，某站发现有紧急情况需要报告时，允许其打破无线电静默状态。

组成与功能 由网络控制器和通信端站组成。网络控制器用于进行网络管理和工作方式设置，与指挥自动化系统交连。通信端站由通信控制器和调制解调器组成。通信控制器完成报文处理和收发控制和调制解调器完成收发数据的波形变换。数据链路上传输的数据，以规定的数据格式组织，称报文。传输速率有高、中、低3种，一般为300～4 800比特/秒。美国空军装备有多种数据链，如11号链、14号链、16号链、4A链等。11号链是一种半双工的、在主控站管理下以轮询方式组网通信的数据链，工作在短波和超短波频段，能兼顾视距和超视距通信的要求；14号链是一种慢速单向半自动链，可通播指挥自动化数据，让没有装备相应战术数据系统的飞机纳入战斗编队中的信息交流；16号链即美国联合*战术信息分发系统*（JTIDS），是一种时分多址、具有扩频跳频抗干扰能力和通用信号格式的高速双向数据链，具备自动、安全、实时的数据交换能力，用于编队与地面或机载指挥自动化系统间的战术数据交换，可为网内成员提供实时的战场态势；4A链主要用于空中引导，使地面指挥所与被引导飞机之间构成以时分多路方式的单向或双向非保密的甚高频数据链。

空军战术数据链传输手段从地空（空空）短波、超短波通信延伸到战术移动卫星通信领域，形成空地一体的数据传输网络；传输的内容从单一业务向综合业务发展；组网方式由点对点通信向更灵活的多路由、可重构的通信网络发展，并注重链路的抗干扰和保密能力，发展网络的自动化、智能化和通用化。 （陈 晖）

di-kong baomi tongxin jishu

地空保密通信技术 (ground-air secure communication technology) 空军地空、空空无线电通信时，采取措施隐蔽信息真实内容，对抗敌方窃取和破译分析通信信息的技术。

地空保密通信通常采用干线加密的信道加密技术和端－端加密的信息加密技术为核心，组成地空、空空保密通信网络对抗敌方窃取、截获信息和破译分析信息。信息加密由保密机实现，地空通信设备配接的保密机种类有：地空短波话音数据保密机，地空超短波话音数据保密机，地空卫星通信保密机等。其中，话音加密可用模拟加密方式实现，也可用数字加密方式实现。以时域/频域二维置乱方式实现模拟话音加密的加密机可直接与通信电台连接，加密实现容易，设备简单，但音质差、保密性能不够好。数字话音加密，首先对话音进行数字化编码，然后对数字信号进行加密（常采用序列加密技术），加密后的码元序列可由数字信道传输，或经调制解调器送入模拟信道传输。在接收端先进行解密，然后进行解码，再还原成原始的话音信号。数字话音加密，音质好、保密性能好、抗破译能力强，但设备复杂。保密机的密钥管理（对密钥的使用、更换、销毁等状况的管理）可采取人工或自动管理方式进行。机载保密设备与地面保密设备相比，工作环境恶劣，需要具有适应环境条件和良好的电磁兼容性，能抵抗冲击、震动和温度、湿度、气压的剧烈变化，并具有体积小、重量轻、功耗低、可靠性高、密码同步时间短、密码同步概率高等特点。

地空保密通信的发展是从加装信息保密机开始的，随着扩展频谱通信技术，瞬间突发通信技术和自适应天线技术的应用，促进了地空保密通信信道加密技术的发展。地空保密通信技术将朝着信息加密技术与信道加密技术更紧密结合，实现保密设备单元、信道设备单元和多功能通信业务的综合一体化方向发展。

（孔 健）

di-kong tongxin kangganrao jishu

地空通信抗干扰技术 (antijamming technology in ground-air communication) 空军地空、空空无线电通信中，应用于抗电子干扰的技术。目的是抗截获、抗干扰，保证地空、空空通信正常进行。主要包括扩展频谱技术（直接序列、跳频、跳时、线性调频及混合方式）、纠错编码技术、猝发通信技术、自适应技术（功率自适应、频率自适应和天线自适应等）和增大有效发射功率等。

在空军地空通信中，采用较多的抗干扰通信技术为扩展频谱技术中的跳频、直接序列和跳频/直接序列混合方式。扩展频谱通信是一种利用与信息无关的伪随机码，使传输信息的射频信号频带宽度远大于信息信号（基带信号）频带宽度的通信方式。即用通信频带宽度换取信噪比的改善。衡量抗干扰通信的主要性能指标是抗干扰能力，抗干扰能力的大小取决于抗干扰通信系统处理增益和抗干扰容限。处理增益是接收机输出信号

噪声功率比和输入信号噪声功率比的比值。抗干扰容限是接收机正常工作所允许的干扰界限，即在保证通信允许的误码率条件下，系统输入端的最小信噪比。

20世纪60年代，一些国家开始进行抗干扰通信体制和抗干扰技术的理论研究。80年代初，大部分抗干扰技术陆续用于通信装备和系统中，并不断改进和完善。1991年的海湾战争中，多国部队为提高通信的抗截获、抗干扰能力，普遍使用了抗干扰通信电台。如美国的Sincgars−V系列超短波跳频电台、法国的TRC−950以及英国的Jaguar−V等超短波跳频电台，有效的抗干扰措施保障了己方的正常通信。随着电子技术的迅速发展，地空、空空抗干扰通信朝着多功能、多频段和扩展频谱技术、纠错编码技术、猝发技术、自适应天线技术综合使用的方向发展。 （廖瑞华）

kongjun wuxiandian guanli

空军无线电管理 (air force radio management) 空军对直接管辖无线电频率资源的使用、控制活动。国家和军队无线电管理的重要组成部分。

空军无线电管理的主要内容是：根据国家和军队无线电管理政策、法规，制定空军有关无线电管理规定；负责管理航空专用频率，审批专用无线电业务台站的台址，核发电台执照；组织实施无线电管理的监督、检查；协调无线电频率使用、无线电台站设置事宜和查处无线电干扰；审核购置、进口、销售无线电设备的无线电管理技术指标；办理有关涉外无线电管理事项等。空军独立组织实施作战时，战场无线电管理主要工作有：统一管理战场无线电频率的划分和指配；监督、管理无线电设备的设置和使用；监测战场电磁环境；维护空中电波秩序；实施战场无线电管制；根据作战需要，协调相关单位消除电磁波辐射干扰。

空军无线电技术管理主要是从电磁兼容性能出发，对无线电频率实施监测和无线电管理技术保障。主要工作是：对无线电频率使用和台站选址进行电磁兼容分析；监测无线电台站频率使用状况；测定干扰源，查找擅自使用航空频率的非法电台；检测无线电设备电磁兼容性指标；测量对无线电设备有影响的非无线电设备的电磁辐射；进行频谱有效利用的研究，制定有关无线电管理技术标准。

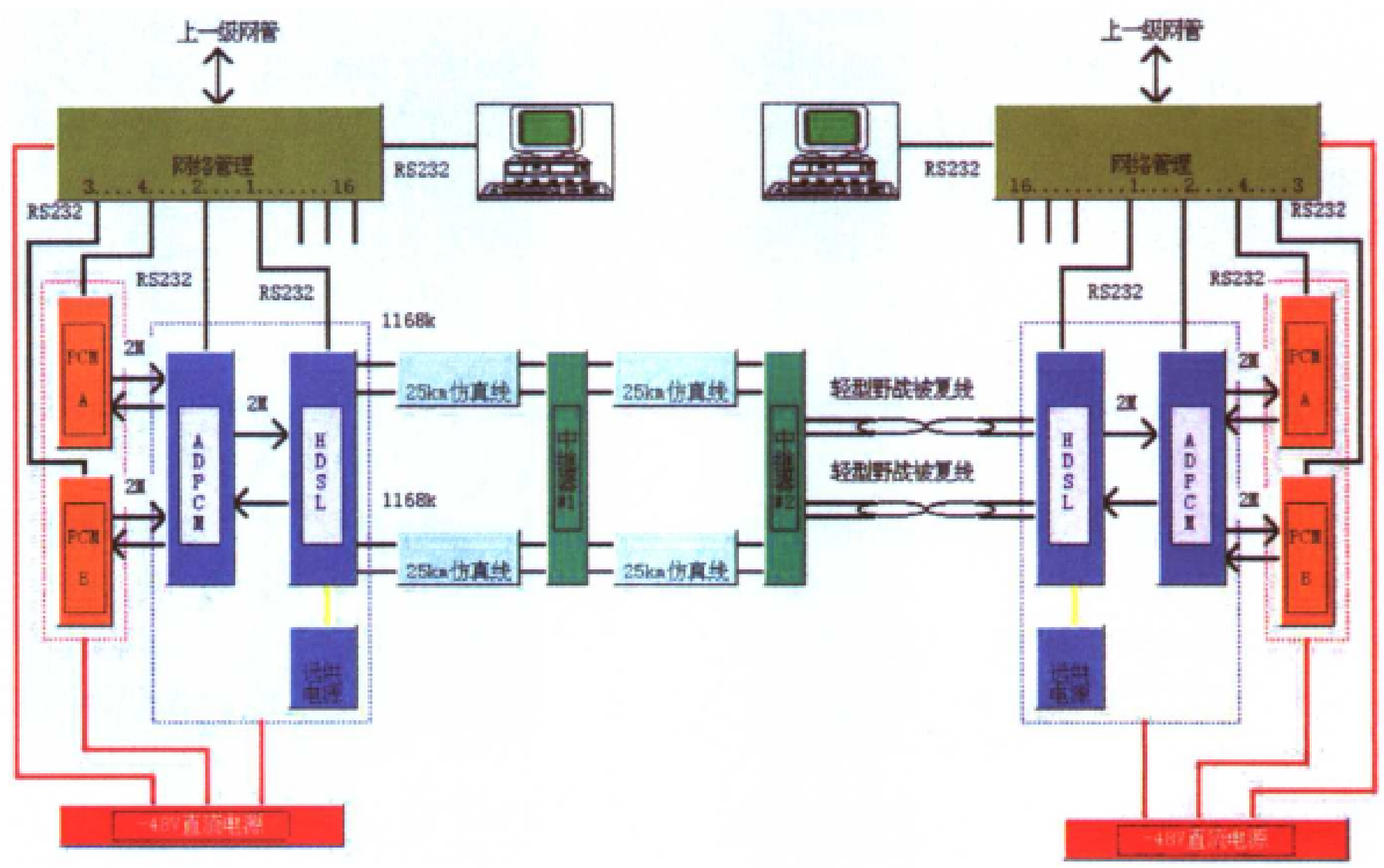
无线电管理工作是随着无线电的广泛应用和不断发展而产生的。在国际上，联合国设有专门机构——国际电信联盟。宗旨是维护和扩大国际间合作，改进和合理使用各种电信，促进技术设施的发展及有效利用，并制定一系列法规和措施。中国是国际电信联盟成员国。1962年以前，中国无线电管理工作由国家邮电部和中国人民解放军通信兵部共同负责。1962年，成立中共中央无线电管理委员会，统一管理各系统的无线电事务。军区、军兵种等单位同时设立无线电管理机构。1966年后，无线电管理工作中断。1971年，恢复中央无线电管理委员会，并改称中华人民共和国无线电管理委员会，办事机构设在总参谋部通信兵部。随后，空军设立无线电管理委员会，并在空军、军区空军通信部门编配专职无线电管理人员。1984年，空军无线电管理委员会设办公室，为建立在通信部门的常设机构。1986年以后，国家无线电管理委员会办事机构由军队系统转移到国家邮电部门。军队在总参谋部通信部设立中国人民解放军无线电管理委员会，军区、空军、军区空军等保留无线电管理委员会及办公室，空军增编无线电管理技术站，具体承办无线电管理委员会办公室的日常工作和无线电管理方面的技术工作。 （冯明义）

kongjun tongxin wangluo jishu guanli

空军通信网络技术管理 (technological management of air force communication network) 空军为保证通信网络高效、稳定、安全运行所进行的技术管理活动。主要任务是充分合理利用网络资源，建立空军通信网络技术管理系统，实施对通信网络运行质量的监视、检测和控制，为用户提供最佳服务。

空军通信网络技术管理系统是保证通信网络正常运行的重要技术支撑，对空军作战、战备信息迅速、准确、保密和不间断传递有着重要作用。运用计算机和网络技术组成通信管理网络，自动对各专用通信网络性能和质量参数进行实时监测，根据监测、收集、统计和分析出的网络数据，对通信网络运行状态进行调整和控制，及时提出对网络进行性能优化和规模优化的报告和建议。

空军通信网络技术管理按功能，分为网络配置管理、网络故障管理、网络性能管理、网络安全管理和网络账务管理（见图）。①网络配置管理。网络管理系统根据网络运行、通信业务需要和网络环境变化情况，对网络和网络设备状态、参数进行识别、定义和控制，随时从网络设备中收集数据为网络设备提供数据。②网络故障管理。网络管理系统自动检测通信网络中异常现象（包括故障），诊断故障类型，发出告警信息，确定故障性质、时间和位置，及时隔离故障并设法排除。③网络性能管理。对网



网络管理连接图

络和网络设备的通信负荷、吞吐量、响应时间及信息传输时延等主要性能参数提供监测、评估报告，发现并校正网络或网络设备的性能偏差和有效性下降指标。④网络安全管理。通过身份鉴别、接入控制、安全监视和安全恢复等功能，对进入通信网络者进行审查，避免无权用户对网络非法使用和侵害，保护用户信息在网络上传输安全可靠。⑤网络账务管理。对通信网络中各种工作过程、资源使用情况等参数进行记录、分析和输出，完成对用户使用通信网络资源情况的统计记录、核算费用和通知缴费等。

（吴锡钢）

导航技术

daohang jishu

导航技术 (navigation technology)
应用于空军导航装备及其使用维护技术的总称。空军技术的组成部分。包括空军导航装备技术和空军导航装备使用维护技术。

空军导航装备技术 主要包括无线电导航技术、惯性导航技术、天文导航技术、卫星导航技术、多普勒导航技术、组合导航技术和目视导航技术。

无线电导航技术 利用无线电技术测定导航参数，实现导航功能。分为测角技术、测距技术、测距差技术。

测角技术主要分为振幅式测角技术、调制度式测角技术、调制度差式测角技术、相位式测角技术、多普勒效应测角技术、波束扫描测角技术和干涉式测角技术。①振幅式测角技术。利用无线电信号振幅和所测角参量的特定函数关系进行测角。函数关系的建立主要是通过天线的方向性函数，所以振幅式测角技术与设备天线的方向性有着密切的关系。其中利用所测信号振幅最大值对应的角度的方法称为最大值法，利用所测信号振幅最小值对应的角度的方法称为最小值法，利用测量两个可识别信号振幅值相等时对应的角度作为所测角的方法称为等值信号法。机载无线电罗盘广泛采用振幅式测角技术。②调制度式测角技术。利用无线电信号调制指数和所测角参量的特定函数关系进行测角。这种技术是从振幅式测角技术通过信号变换演变而来的。测角精度受信号幅度变化影响小，应用较广，主要用于超短波定向设备。③调制度差式测角技术。利用无线电复合调幅信号中的两个调制度指数之差与所测角参量的特定函数关系进行测角。基于调制度式测角技术，采用双音频复合调幅。在特定扇区内，能测出目标相对于基准线的偏离程度，及确定相对基准线的偏离方向。通常在仪表着陆系统中使用。④相位式测角技术。利用无线电幅度调制信号的相位与所测角参量的特定函数关系进行测角。由信标台同时发射相位固定不变的测角基准信号和与所测角有特定函数关系的可变相位信号，这两个信号之间的相位差与所测角相对应。应用于全向信标导航系统。⑤多普勒效应测角技术。利用无线电信号频率的多普勒频移与所测角参量的特定函数关系进行测角。多普勒全向信标导航系统采用的是这种技术。⑥波束扫描测角技术。属振幅式最大值测角。通常采用窄波束天线，相对某一基准方向线，旋转以探测回波信号方向进行测角，或在特定扇区内围绕一基准线，往返扫描，由接收设备进行解算进行测角。波束的扫描可以是机械方式，也可是相控电扫描方式。主要用于精密进场雷达和微波着陆系统。⑦干涉式测角技术。利用载波相位差方式进行测角。因载频的相位差是由路径差引起的，可以采用两个分置天线接收远方同一辐射源发射的信号，利用两个天线接收信号的相位差与目标方位角的关系进行测角。

测距技术主要分为脉冲测距技术、频率测距技术和伪随机码测距技术。①脉冲测距技术。包括脉冲式双程测距技术和脉冲式单程测距技术。脉冲式双程测距技术是利用无线电波的传输速度、传输时间及传输距离间的固定关系，通过测量传输时间实现测距。如塔康系统中的测距原理及DME测距系统的测距原理均基于此；脉冲式单程测距技术与脉冲式双程测距技术的主要区别是要考虑脉冲发射端与接收端的时间同步，当两端时钟完全同步时，所测得的距离是真实的，否则测得的距离被称为伪距。该技术已用于卫星导航系统。②频率测距技术。利用一个特定频率源的电信号与时间的函数关系，通过测量电波往返传播时间内该信号频率变化的量值而达到测距的。主要用于无线电高度表。③伪随机码测距技术。实质上是脉冲测距技术的一种，只是这种脉冲是一种伪随机序列码，表面上杂乱无章，实质上有规律可循。伪随机码具有良好的自相关性和互相关性，采用该技术的系统将具备较好的抗干扰性和较强的分址能力。美国的联合战术信息分发系统采用的是这种技术。

测距差技术主要分为脉冲测距差技术、相位式测距差技术、脉冲/相位测距差技术。利用3个或3个以上已知位置的发射源所构成的台链，同时或先后对两对地面台进行距离差的测定，获得两条双曲线形位置线，由两条双曲线形位置线的交点来确定运动体的位置。是双曲线导航系统定位的基础，主要应用于罗兰－C导航系统和奥米加导航系统。

在利用上述无线电导航技术测量各种导航参量的过程中，为确定飞机位置和减少测量误差，还广泛使用几何定位技术、差分修正技术和伪距修正技术。几何定位技术是利用与各个导航参量对应的2条或3条位置线（包括角度—直线、距离—圆、测距差—双曲线）相交叉的方法确定飞机的位置，并估算出随位置线夹角的变化，可能带来的定位误差。差分修正技术可以削弱或降低系统误差对导航定位精度的影响。主要方法是：在一个已知精确位置的差分基准站，进行直接定位或其他有关导航参数的测量，根据实测数据和基准站已知数据，经计算处理后得到系统误差，然后向覆盖区内的系统用户设备发播该误差修正数据，用户以此来修正自己的实测数据。运用差分修正技术可在局部范围内大大提高导航定位精度。广泛地应用在奥米加导航系统、罗兰－C导航系统、GPS卫星全球定位系统和俄制全球导航卫星系统（GLONASS）等中。伪距修正技术是在测距系统中修正由于时钟不同步所引入的距离误差的一种手段。当测距系统中存在时钟误差时，通过测量4个伪距值，求解4个伪距测量方程，就可得到被测用户自身的时钟误差，获得准确的距离数据和三维位置坐标。广泛用于卫星导航系统和联合战术信息分发系统。

惯性导航技术 利用惯性测量装置测量飞机运动的加速度和角位移（或角速度），自动解算出飞机速度、位置和其他导航参数，实现为飞机导航的功能。惯性导

航系统根据惯性元件在飞机上的安装方式不同，分为平台式和捷联式。平台式惯性导航系统中，惯性敏感元件安装在由框架、电子线路、力矩电机等组成的惯性平台上。捷联式惯性导航系统中，惯性元件直接安装在飞机机体上。平台式惯性导航系统中装有2个三自由度的陀螺，当飞机运动时，其航向角、俯仰角、横滚角等均由装在陀螺仪平衡环上的旋转变压器测得并输出。加速度计可测量飞机的线加速度。平台式惯性导航系统装有3个加速度计，可测量飞机在各个方向运动时的加速度，导航计算机将加速度计测得的加速度一次积分可求出飞机运动的速度，二次积分可求出飞机经过的距离。将陀螺仪和加速度计测得的导航信息输出到导航计算机，可实现推测导航定位，给出按已知初始位置推算出相继的后续位置，并给出到下一个目标点的待飞时间、待飞距离和偏航距等。惯性导航的核心技术随着惯性元件的发展而发展，如陀螺仪由浮子陀螺仪发展到挠性陀螺仪、静电陀螺仪及完全没有机械转子的激光陀螺仪、光纤陀螺仪等，加速度计由液浮摆式加速度计发展到挠性加速度计、静电加速度计等，使得导航精度提高，可靠性增强。

天文导航技术　利用已知天体的坐标位置及其运行规律，通过测量天体与飞机的相关位置来确定飞机航向和位置的自备式导航。无需地面设备配合，可在地球上任何地区使用。天文导航设备通常包括天文罗盘、六分仪和天体自动跟踪器等。利用天文罗盘测量天体的方位，解算并指示飞机的航向。利用六分仪自身水平或其他装置建立的水平基准，通过测量2个或3个天体的高度角来确定飞机位置。天体自动跟踪器装在用来建立水平基准的惯性平台上，自动搜索识别和跟踪天体，并通过自动测量2个或3个天体的方位和高度角，确定飞机的航向和位置。随着技术的发展，天文导航技术也在迅速发展。利用白天星体跟踪器可把天文观测时间从夜晚扩展到白天。利用无线电六分仪可在中雨情况下观测太阳和月亮。利用精密数字光学传感器，只要星体处于传感器视场中，就能获得星体位置的高精度坐标，消除“跟踪”时的随动系统误差，且坐标数据为数字式，便于进行数据计算。电荷耦合器件慢扫技术的应用，增加了星光信号的电荷积累，提高了星光探测灵敏度，利于弱光星体导航。计算机的应用，缩短了天文导航的解算时间，利于天文导航向自动化方向发展。

卫星导航技术　以人造地球导航卫星为定位基准，采用伪码测距进行导航定位的技术。卫星导航系统由导航卫星、地球站及机载设备组成。导航卫星是在空间分布的若干颗卫星构成卫星网或卫星星座，并不断向地面发送导航信号；地球站用于跟踪、监视卫星的工作状态，并将卫星星历等信息向卫星注入；机载设备用于接收卫星信号，并测量到每颗卫星的距离，由于机载设备无法与卫星系统在时间上保持精确同步，所测得的用户到卫星的距离称之为伪距，理论上测得到3颗卫星的距离，可以确定用户的位置，由于测量得到的是伪距，则需测量到4颗卫星的距离才能实现三维定位。卫星导航系统采用差分技术提高导航定位精度，使定位精度由百米提高到几米甚至几十厘米。

多普勒导航技术　利用无线电波的多普勒效应，测量、解算飞机地速和偏流角，并推算飞机位置和给出其他导航参数的自备式导航。无需地面设备配合工作，适合于近中远程陆上导航。多普勒雷达天线向飞机前下方斜向辐射的波束经地面反射回来，该反射波的频率和多普勒雷达天线发出波束的频率之间存在有多普勒频移，通过测量多普勒频移，可解算出飞机地速；利用对称于飞机纵轴两个方向（如前左、前右）或四个方向（如前左、前右、后左、后右）斜向地面辐射的波束经地面反射回来，被多普勒雷达接收，收到不同方向的反射信号，其多普勒频移不同，计算机根据各波束的多普勒频移值就可解算出偏流角和飞机地速。多普勒导航系统中的航向姿态系统提供飞机航向、俯仰和倾斜信号，真空速传感器提供真空速信号，供计算风速、风向使用。导航计算机根据多普勒雷达、航向姿态系统等提供的信号，利用解算出的地速、偏流角及测得的航向等参数，可推测求得飞机位置及其他导航参数。多普勒导航系统广泛采用大规模集成电路、固态发射源、印制天线、波瓣转换等技术，使得设备体积小、重量轻、耗电省，可靠性提高，导航精度改善。

组合导航技术　利用两种或两种以上工作原理不同的导航设备进行优化组合，取长补短而形成的导航技术。可以提高导航精度，增加工作余度，扩大使用范围等。组合导航常以惯性导航系统为主体进行组合，较好的组合方式有：惯性—多普勒组合，惯性—天文组合，惯性—卫星—塔康组合，惯性—卫星—罗兰组合等。由于惯性导航系统无需地面设备配合，隐蔽性好，能抵抗各种电磁干扰，可在各种地区，各种气象和飞行姿态下使用。但存在因陀螺漂移而引起的积累误差，飞行时间越长误差越大，还存在惯性平台的姿态误差等，若使用高精度惯性导航系统，成本费要增加很大。采用组合导航，就能弥补惯性导航系统的缺陷。如与多普勒导航系统组合，惯性导航系统可为多普勒导航系统提供精确的航向和姿态参考信息，以保证其正确地求解地速和进行导航计算，又可弥补多普勒导航系统在平静水面上及沙漠地区因雷达可能丢失回波信号而无法导航的缺陷，而多普勒导航系统稳定而精确的速度信息可阻尼惯性导航平台的无阻尼振荡，可提高其导航精度，还可在空中校准惯性导航平台，减小平台的姿态误差。如与卫星、塔康、罗兰或天文导航等组合，可校正惯性导航的积累误差。而惯性导航又会弥补这些导航定位系统在电磁干扰环境中不能正常工作的缺陷。组合导航最常用的信号优选技术是卡尔曼滤波技术，又称最优递推线性滤波技术，是使用状态方程和递推方法，根据前一个处理过程得到的最优估计值和最近的一个观测数据值来估计当前的最优数据值，以给出最优的导航数据。

目视导航技术　利用可视的导航设备器材实现导航功能的技术。目视导航设备主要包括机场灯标、进场灯光系统、跑道灯、目视进场下滑道指示灯和烟火、布板等信号器材。飞行员在采用目视导航技术时，主要是通过目测方式进行相对位置的判断。通常用于进场着陆阶段和能见度较好的区域或航路上。

空军导航装备使用维护技术　主要包括空军导航装备使用环境选择、使用前和定期检测、启用前及定期飞行检验、运行中的监视与控制、维护与修理等技术。

使用环境选择技术　导航装备分为地面设备和机载设备，相应的使用环境分为地面环境和机载环境。良好的使用环境会使设备性能得到充分发挥，否则设备性能发挥受到限制，严重时使设备不能正常工作。环境选择技术是根据设备性能要求，选择合适的使用环境以充

分发挥设备性能。①地面设备使用环境选择。通常采用目视法、测量法和试飞法。目视法是根据设备性能要求，目视使用环境的地形地貌、附近建筑物等。如着陆设备，台址周围地形要平坦，波束扫描正前方不能有树林和高大建筑物，要远离高压输电线、电话线等，以防止多径反射引起设备性能变化；测量法是利用测量仪表测试台址周围的电磁干扰，使导航设备避开干扰环境；试飞法是在对导航设备拟选择安装地周围较复杂地形对导航的影响难以估量时，选用相应的地面导航设备临时安装在拟选台址上，用导航检验飞机实飞检验，该台址是否满足导航要求，或设备使用性能受到何种程度的限制。②机载设备使用环境选择。通常采用综合分析法和试验法。综合分析法是对设备使用环境进行综合分析，如周围的电磁环境、工作温度、振动、飞机的飞行高度等，根据以往的使用经验和现在可能出现的问题，判断预设装机位置是否满足使用要求。如天线的安装，根据天线的几何数据、工作频段、所装机种及在机上的装机位置和周围天线情况等，用估算或专用软件分析安装位置是否可行；试验法就是仿真模拟机上环境进行试验，以检查装机环境是否适宜。

检测技术 保障导航装备正常工作的重要手段，是设备维修的基础。导航装备在使用前和达到规定使用时间，均需进行技术性能检测。①机载设备。通常用自检测技术、测量技术、模拟技术检查设备的完好性。自检测技术是在设备制造时将对设备自身主要性能的检测模块、程序装于设备内部，设备投入使用后，按要求自动检测。如加电自检测，是在设备加电后自动检测设备本身是否良好；启动自检测，使用人员需要时按动控制箱上的自检测按钮以检查设备工作是否正常；周期自检测，设备在工作过程中周期性检查设备运行情况等。测量技术，利用通用或专用仪器仪表对设备性能检测，检查设备某些部件工作是否正常或故障发生部位。模拟技术是模拟地面设备产生的信号以检测机载设备工作情况，如一线检查仪（又称小模拟器）可对机载设备进行原位检查，二线检测仪（又称大模拟器）可在实验室对机载设备性能进行全面检查。②地面设备。通常用自检测技术和测量技术。自检测技术是利用设备的监测分机对设备主要性能进行检测，分为内场自检测和外场自检测。内场自检测是对设备的室内部分自动检查测量；外场自检测是将地面设备天线辐射到空间的信号，通过接收送回到室内的监测分机进行检查测量，以判断地面设备工作是否正常。测量技术是利用通用或专用仪器仪表对地面设备进行检查测量，判断设备某些部件工作是否正常或故障发生的部位。

飞行检验技术 用导航检验飞机或可进行飞行检验的其他飞机，对地面导航设备进行飞行检验，以判定地面设备是否达到了规定的性能要求，是否满足飞机导航需要的技术。通常采用基准技术、数据传送及采集技术、误差处理技术等进行。基准技术是用基准设备产生导航数据量度的基准信号的技术，如用无线电经纬仪可产生着陆设备的航向道和下滑道基准以及某些导航设备的方位基准，飞机差分GPS可产生定位设备的位置基准等；数据传送技术是将地面基准设备产生的基准信号，按规定协议传到空中，供导航检验飞机上使用的技术；数据采集技术是将飞机上接收到的导航信号和基准信号同时采集的技术；误差处理技术是将多路数据采集到的导航信号和基准信号，按照误差数据处理原则进行处理，然后求出地面导航设备的误差及分布规律，确定地面导航设备可否开放或局部开放的技术。

监视和控制技术 是导航设备在使用中必要的技术保障措施。①监视技术。建立在自检测技术基础上，对设备主要性能自动进行测量和监视，监测到某项指标超出规定值后自动告警，或经多次判断确定该设备故障后自动切换到良好的备用机工作或自动关机的技术。监视分为室内监视和室外监视，室内监视是对设备的室内部分自动进行循环测量和监视；室外监视是利用专设的室外监测天线，接收地面导航设备天线辐射到空间的信号，然后送到室内监测设备，判定地面导航设备发射出去的信号是否满足要求。②控制技术。对地面导航设备工作状况的控制技术，分为本地控制和远程控制。本地控制是在导航设备上控制，如人工按一定的程序操纵导航设备上的有关开关或按钮，给导航设备加电或关机；远程控制是在离地面导航设备适当距离的位置上控制导航设备的开、关机。远程控制常和远程监视密不可分，在远程控制的设备上，常对导航设备的主要参数进行监测，以保证远程控制的正确。

维护修理技术 是建立在可靠性、维修性、现代管理科学和系统理论、专业知识等现代科学基础上，保障导航设备始终处于良好运行状态的技术保障措施。维护技术是按照有关规定对设备进行定期检查测量、清洁或润滑转动部分等以使其正常运行的技术；修理技术是在设备故障后排除故障的技术，通常运用测量技术或在线诊断技术，经测量分析判断出故障的部位或元器件，然后用良好部件、元器件去替代。维护修理是保证设备正常运行的重要环节，维护修理技术是设备使用者需要掌握的基本技术。

随着科学技术的发展和战场环境的变化，空军导航将采用抗干扰技术、组合导航技术、计算机技术、微电子技术以及通信、敌我识别和指挥引导的综合技术等。导航设备的发展目标是智能化、微型化、综合化，进一步提高可靠性，易于使用和维护修理等。（朱 林）

daohang shebei

导航设备 (navigation equipment) 空军用于测定飞机方位、距离、位置以及其他导航参数，引导飞机沿预定航线飞行、准时到达预定目标和安全返航着陆的装备的总称。是保障航空兵部队全天候作战和准确、安全飞行的重要技术设备。包括各种机载的、地面的以及人造地球卫星上的导航设备。

分类 按工作方式不同，分为自备式和协作式（他备式）两类。自备式导航设备仅靠安装在飞机上的导航设备即可自行测量和计算出各种导航参数，独立自主地实现导航功能，而毋需依靠飞机外部设置的导航设备的协作和配合。协作式导航设备通过飞机上安装的导航设备与飞机外部设置的导航设备之间配合和协作，测定导航参数，实现导航功能。按工作原理的不同，分为*无线电导航设备*、*惯性导航系统*、*天文导航设备*、*组合导航系统*和*目视导航设备*。

无线电导航设备 利用无线电技术测定导航参数，实现导航功能的各种设备的统称。通常按所测导航参数的不同，

分为测角系统、测距系统、测角测距系统、测距差系统和测速系统；按所完成的导航任务的不同，分为远程导航系统、近程导航系统和进场着陆系统。多数以协作式方式工作，少数以自备式方式工作，如多普勒导航系统和无线电高度表等。适用于各种类型的飞机，可以全天候使用，工作可靠，可完成多种导航任务；缺点是由于辐射电磁波信号，工作隐蔽性差，以协作式方式工作的易被干扰、破坏和为敌方利用。

惯性导航系统　利用惯性测量装置测定飞机运动的加速度和角位移，由计算机计算出飞机的速度、位置和其他导航参数，实现导航功能。通常按其在飞机上安装方式的不同，分为平台式惯性导航系统和捷联式惯性导航系统。系统以自备式方式工作，可以完全独立地完成导航参数的测定，并可给飞机的火控系统提供精确的飞机航向、姿态、速度等信息，保证机载武器的准确发射和投放。工作时不向外辐射电磁波信号，也不受外界人为的或自然界电磁信号的干扰，隐蔽性好，具有较强的战场生存能力。缺点是导航误差随飞行时间的增加而积累，需要定时加以校正，使用前还需要预先进行校准，成本和维修费用较高。

天文导航设备　利用天体的坐标位置和运行规律，通过测量天体相对于飞机的参考基准面的高度角和方位角，计算出飞机的位置或航向，实现导航功能。包括天文罗盘、六分仪、天体自动跟踪器等。为提高自动化程度，也可将天体自动跟踪器、惯性平台、导航计算机以及标准时间发生器等组成天文导航系统。天文导航设备能独立完成导航任务，导航准确度不受飞行时间和航程的影响，可全球使用，工作隐蔽，不受干扰。缺点是白天可供使用的天体数量较少，中低空飞行时受气象条件的影响大，通常与其他导航设备结合使用。

组合导航系统　利用两种或两种以上工作原理不同的导航设备组合成一体的导航系统。通常有惯性—卫星组合导航系统、惯性—多普勒—罗兰组合导航系统、惯性—天文组合导航系统等。组合导航系统以计算机为中心，将参加组合的各种导航系统送来的信息加以综合和优化处理，给出综合导航信息。克服了单一导航系统性能上的局限性，使之相互取长补短，增加了整体的导航准确度和工作余度，提高了系统的可靠性，并可获得比单一导航系统更为完善的导航功能，主要为大型飞机和高性能战术飞机所采用。

目视导航设备　包括机场灯标、进场灯光系统、跑道灯、目视进场下滑道指示灯等发光技术设备以及烟火、布板等信号器材，通过飞行人员直接目视判断，实现导航定位，保障飞机安全着陆。

导航设备在使用过程中，需与飞机上的各种飞行仪表配合，才能完成导航的显示和控制；导航设备与飞机飞行控制系统交联工作，还可实现飞机的自动导航。

简史　20世纪初，飞机航行靠飞行人员目视地标判断飞行位置，受昼夜时间、地理环境和气象条件的限制。20世纪20年代，开始在飞机上安装简单的航行仪表，依靠人工计算，判断出飞行的概略位置。20年代末至30年代初，无线电测向技术在航空领域的使用，成为飞机无线电导航的开端，中波四航道无线电信标和无线电罗盘开始应用。40年代，甚高频全向信标导航系统、双曲线导航系统、仪表着陆系统、雷达引导着陆系统的问世，奠定了现代无线电导航技术的基础。50年代，惯性导航系统和多普勒导航系统开始在飞机上使用，减少了对地面导航台站的依赖性。60～70年代，罗兰－C导航系统、奥米加导航系统等无线电远程导航系统的出现，解决了远程飞行的无线电导航和定位问题。70年代末，应用时间基准波束扫描微波着陆系统，提高了飞机在各种气象和地形条件下的进场着陆能力，飞行安全得到更为有效的保证。70年代开始发展起来的同步测距式全球定位卫星导航系统，如GPS卫星全球定位系统，可以保证全球范围的高精度连续导航定位，标志着空军导航设备的发展进入到一个新时代。

发展趋势　随着电子技术、计算机技术以及航天技术的发展，卫星导航系统、惯性导航系统和微波着陆系统将在更大范围内普及和使用；组合导航系统和具有通信、导航、识别等多功能的综合系统也是发展的重点，不仅具有较高的导航精度和可靠性，而且具备较强的抗电磁干扰的能力。目视导航设备也将继续发展，并成为现代化机场设施的重要组成部分。　（范正修）

wuxiandian daohang shebei

无线电导航设备 (radio navigation equipment)　利用无线电技术测定导航参数，实现导航功能的各种设备的统称。按所测导航参数的不同，分为测角系统、测距系统、测角测距系统、测距差系统和测速系统；按所测电信号参数的不同，分为振幅式系统、相位式系统、频率式系统、时间式(脉冲式)系统；按完成导航任务的不同，分为无线电远程导航系统、无线电近程导航系统和进场着陆系统；按主要装置安装位置的不同，分为地面导航设备、机载导航设备和卫星导航设备。

无线电导航设备借助无线电波传播导航信息，利用无线电波在发射和接收两点之间沿最短路径传播和传播速度的恒定性，并依据导航参数和电信号参数之间的依存关系导出导航数据。无线电导航测角系统，是利用电波信号的幅度、相位、频率等随收发两点间方位关系的变化而改变，确定出无线电辐射源即导航基准点的所在方位，如无线电罗盘和无方向信标台、甚高频全向信标系统以及塔康导航系统的测角部分。无线电导航测距系统，通常是依据电波信号往返于飞机和导航基准点之间的时间和电波传播的速度而导出距离数据，如DME测距系统和塔康导航系统的测距部分，当收发两点时间为精确同步时，也可依据电波信号的单程传播时间来确定距离数据。无线电导航测角测距系统，是一个系统同时具备测角和测距两种功能，如塔康导航系统。无线电导航测距差系统，是依据来自两个导航基准点的电波信号的到达时间差或相位差而导出距离差，从而求得一条双曲线形状的飞机位置线。同样，再依据飞机相对于另外一对导航基准点的距离差而求得另外一条双曲线形状的飞机位置线，这两条位置线的交点就是飞机的位置，如罗兰－C导航系统、奥米加导航系统。无线电导航测速系统，是通过测量由飞机向地面发射的电波信号与由地面反射回来的电波信号之间的多普勒频移，解算出飞机的飞行速度，再根据飞机的飞行方向和飞行时间来推算出飞机的位置，如多普勒导航系统。

无线电导航设备通常与飞机的其他导航设备和飞行仪表配合使用，并可与飞机的飞行控制系统交联工作，自动引

导飞机飞行。战术技术性能主要有：①信号特性。工作频率、信号格式、数据率等。②准确度。系统测定或推算出的导航参数与飞机的真实方位、距离或位置等相一致的程度。③覆盖。以规定的准确度来提供导航参数的电波信号所覆盖的地表面积和空间体积。④有效度。系统可以提供有用服务时间的百分比。⑤工作容量。系统可以同时提供服务的飞机数目。

使用无线电导航设备要防止自相干扰或与其他无线电设备相互干扰；预有防敌干扰、欺骗和利用的措施，以适应现代战场的电磁环境。（范正修）

wuxiandian yuancheng daohang xitong

无线电远程导航系统 (long range radio navigation system) 最大有效作用距离为2 000千米左右的无线电导航系统。典型的无线电远程导航系统是罗兰－C导航系统和奥米加导航系统。

罗兰－C导航系统 是航空、航海共用的无线电远程导航系统，由分布在世界各地的罗兰－C台链和航空、航海用户设备组成。工作频率是100千赫。定位精度是400～900米，作用距离昼间约1 500千米，夜间利用天波可达2 600千米。罗兰－C台链由3个或4个罗兰台组成，其中一个为主台，其余为副台，借助台链识别信号，对不同台链进行识别。系统工作时，由主台发射同步信号，控制副台同步发射，用户设备先测出主台与某一副台来波信号的时差，求得两台到观测点的距离差，得出一条双曲线形的位置线。同样，再测出主台与另一副台来波信号的时差，得出另一条双曲线形的位置线，两条位置线的交点就是用户的位置。通常将这种利用双曲线交叉定位的导航系统，称为双曲线导航系统。罗兰－C导航系统采用100千赫载频，利用地波传播导航信息，工作稳定，信号衰减小，适合远程导航的精确测量。采用脉冲／相位复合测量体制，既要测出两个脉冲包络前沿之间的时间差，又要测出各脉冲包络中载频信号的相位差，从而有效地清除了单用相位测量时的多值性，又弥补了单用脉冲测量时存在的较大误差。采用双曲线定位法，定位精度与罗兰－C台链的几何布局有关，只有正确配置主、副台之间的相关位置，才能得到最佳的使用效果。机载罗兰－C接收设备可自动识别罗兰－C台链和主、副台，自动进行时差和距离差测量，自动定位并给出飞机到预选航路点的方位、距离、待飞时间等多种导航参数，并具有自检测和故障告警能力。

奥米加导航系统 是航空、航海共用的无线电远程导航系统，由分别位于挪威、利比里亚、夏威夷、北达科他（美国）、留尼汪岛（非洲）、阿根廷、澳大利亚、日本等8处的奥米加台和航空、航海用户设备组成。工作频段为10～14千赫，定位精度为1 800～3 600米，覆盖范围可达全球。奥米加系统各台之间采用时分同频连续波发射方式，每个奥米加台按时分程序分别发射3个基本频率，即10.2千赫、11.33千赫和13.6千赫。各台均备有高精度原子钟，用以实现严格的时间同步或定时，以保证时分工作和信号的相位同步。借助各奥米加台按严格的时分发射的连续波信号，系统即可实现相位式测距差（即双曲线）定位，也可实现相位式测伪距（即圆位置线）定位。在相位式测距差定位时，其定位原理和罗兰－C相似。在相位式测伪距定位时，其定位原理类似GPS卫星全球定位系统定位。奥米加导航系统每个台的发射时段和信号相位均与高精度原子钟同步，接收机只要通过接收来自选定奥米加台的信号并进行台识别，就能通过准确的相位测量测定接收机到该台的伪距(或近似距离)，利用相同的方法接收来自3个或4个不同发射台的信号(选择交角较好的)，分别测出到它们之间的伪距，便可利用圆位置线定位原理实现定位。机载奥米加接收设备，不仅可以测定飞机位置的经纬度，而且通过区域导航技术，可显示到达预定航路点的方位、距离、待飞时间以及偏航距、偏航角等。

随着卫星导航技术的发展，以地面为基点的奥米加远程导航系统，将逐步被卫星导航系统所取代。

（张忠兴）

shuangquxian daohang xitong

双曲线导航系统 (hyperbolic navigation system) 见无线电远程导航系统。

Luolan-C daohang xitong

罗兰－C导航系统 (Loran-C navigation system) 见无线电远程导航系统。

Aomijia daohang xitong

奥米加导航系统 (Omega navigation system) 见无线电远程导航系统。

wuxiandian jincheng daohang xitong

无线电近程导航系统 (short range radio navigation system) 作用距离在500千米之内的无线电导航系统。按所测导航参数的不同，分为无线电测角系统、无线电测距系统和无线电测角测距复合系统。

无线电测角系统 主要有无线电罗盘、超短波定向设备和全向信标导航系统。①无线电罗盘。是具有特定水平方向性天线（通常称环状天线）的中波测角接收机，通过接收与其配合工作的中波导航台发射的信号，可测定飞机机头方向与飞机至中波导航台连线之间的夹角，即相对方位角。在飞机向导航台飞行时为0°，背导航台飞行时为180°，测角误差通常在±3°～±5°。②超短波定向设备。有机载和地面两种类型，工作频段为118～156兆赫和225～400兆赫，在进行超短波通信的同时实现无线电测角。超短波机载定向机工作原理类似无线电罗盘测角。超短波地面定向设备通过接收飞机超短波电台发出的通信信号进行测角，测出定向台磁北方向与飞机到定向台连线之间的夹角（磁方位角）。③全向信标导航系统。由地面全向信标台和机载全向信标接收设备组成，工作频段为108～118兆赫。地面全向信标台利用特定的天线系统辐射方位信号，以及该信号的调制包络相位与飞机的方位角之间一一对应关系，为飞机提供测角信息。为提高测角精度，有的全向信标导航系统利用多普勒效应进行测角，称为多普勒全向信标系统。

无线电测距系统 主要有常规测距系统(DME/N)和精密测距系统(DME/P)。均工作在L波段，频率范围是962～1 213兆赫，测距采用询问／应答式原理。DME测距系统最大作用距离达400千米，测距误差约±370米，精密测距系统作用距离在50千米以内，测距误差约±85米，通常与微波着陆系统配套使用。

无线电测角测距系统 主要有美国的塔康导航系统和俄制近程导航系统。这两种系统都能在400千米范围内，同时为100架左右的飞机提供极坐标导航定

位。塔康导航系统工作频段为962～1 213兆赫，测角原理类似于全向信标导航系统的相位测角，并利用粗、精测技术提高测角精度，测角误差为±2°。俄制近程导航系统工作频段为770～1 000.5兆赫，测角原理是利用旋转天线产生双波束的等信号线扫过飞机的时刻与系统"35"、"36"信号形成的北基准之间的时间间隔，推算出飞机的方位，并通过精测技术进一步提高测角精度，使其达到±0.25°，该系统还可对空中飞机飞行动态进行地面监视。这两种系统的测距原理同DME测距系统。测距精度与DME测距系统相当。此外，全向信标系统(VOR)与测距系统(DME)组合运用也可构成无线电测角测距系统。

VOR/DME测角、测距系统是国际民航的标准导航系统，在民航中广泛使用。塔康导航系统是北大西洋条约组织标准的军用导航系统，为世界许多国家的空军所采用。俄制近程导航系统为少数国家的空军使用。（张忠兴）

takang daohang xitong

塔康导航系统 (tactical air navigation system)　供飞机近程导航用的测角测距式无线电导航系统。"塔康"一词来源于英语Tactical Air Navigation(战术空中导航)的缩写词TACAN的音译。可保障飞机沿预定航线飞向目标、空中编队的集合或会合以及引导飞机归航、复杂气象条件下辅助进场着陆等。

塔康导航系统工作频段为962～1 213兆赫，共有252个波道(X模式、Y模式各126个)。由相互配合工作的机载塔康设备和地面塔康导航台组成。机载塔康设备包括无线电收/发信机、天线、编/译码器、控制和显示装置等；地面塔康导航台包括无线电收/发信机、天线、监测和控制装置等。测距采用询问应答方式进行，即由机载塔康设备随机发射询问脉冲对，经地面塔康导航台接收后，再以脉冲对的形式发出应答脉冲，机载塔康设备根据发出询问脉冲至收到应答脉冲所经历的时间和无线电波的传播速度，即可推算出飞机至地面塔康导航台的斜距。测角是借助测量基准脉冲信号和脉冲包络信号之间的相位关系来实现的，当飞机位于地面塔康导航台的不同方位时，其机载塔康设备所接收到的基准脉冲信号和脉冲包络信号之间就存在着不同的相位关系，借此就可以确定出飞机相对于塔康导航台的方位角。测距准确度约为±300米，测角准确度可达±1°～±2°。覆盖范围受发射功率、接收灵敏度和超短波视线传播规律的制约，通常作用距离约为370千米。可同时容纳100架飞机测距，测角时飞机数量不受限制。新型塔康导航系统还具有空对空(飞机对飞机)的测距和测角功能。机载塔康设备还可与区域导航计算机组成塔康区域导航系统，可保障飞机在地面塔康导航台的覆盖范围内沿任意选定的航线飞行(可给出偏航显示，到达航路点的剩余距离和待飞时间等)。塔康导航系统采用极坐标(ρ～θ)定位体制，只需一个地面塔康导航台就可为飞机定位，适合以机场或航空母舰为中心进行作战活动的战术飞机使用。

20世纪50年代，塔康导航系统在美国军队首先装备使用，后来发展成为北大西洋条约组织各成员国的标准军用近程导航系统，现已为各国空军普遍使用。（范正修）

takang daohangtai

塔康导航台 (tactical air navigation station)　为飞机提供方位、距离信息的一种导航台站。塔康导航系统的组成部分。通常设置在机场次着陆方向跑道中线延长线上，或跑道中部一侧，也可设置在航路导航点或其他临时指定地点。用于保障飞机沿航线飞行、空中定位及辅助进场着陆。

塔康导航台工作频段为962～1 213兆赫，共分为252个频道。由天线、发射机、接收机、编/译码器、监控设备等组成。收/发使用同一天线，由收/发控制电路控制。天线辐射的电磁波水平面具有九瓣心脏形方向性图，并以每秒15周的速率顺时针旋转，产生主、辅基准信号，并对发射机输出的等幅钟形脉冲列进行幅度调制，在空间形成方位信号；发射机输出的等幅钟形脉冲列包括主、辅基准脉冲群，每隔30秒发射一组台识别信号(莫尔斯电码)，以及询问应答脉冲和填充脉冲等，输出脉冲总数基本稳定在每秒2 700对左右；接收机具有对数特性的自动增益控制电路，始终保持较高的灵敏度，接收来自不同距离的测距询问脉冲对；编/译码器对接收机来的测距询问脉冲对进行译码，经固定延时后形成回答脉冲对，同时对天线旋转触发产生的主、辅基准脉冲进行编码，形成主、辅基准脉冲群，并控制各种信号输出的优先顺序；监测设备监视和测量各分机主要技术指标，并在超出容差时发出告警信号和主、备机切换信号。

现代塔康导航台的设备已采用大规模集成电路、功率合成、宽带电扫描天线和计算机等新技术。（冯永浩）

Ezhi jincheng daohang xitong

俄制近程导航系统 (Russian short range navigation system)　由俄罗斯联邦生产的专门用于军用飞机导航定位的多功能近程导航系统。工作在L波段，频率范围为770～1 000.5兆赫。空地导航状态共有176个波道，空空定位共有28个波道。典型作用距离400千米，可同时供100架飞机测距、定位，测向数量不限。具有定位精度高、综合能力强的特点，但系统复杂、通用性差。由地面设备和机载设备组成。地面设备包括极坐标定位分机和监视显示分机；机载设备包括测距测向分机和控制显示单元。

测角时，地面极坐标定位分机在同一载频信道上发射两种信号：一种是由脉冲发射机经无方向性天线发射的"35"、"36"方位基准编码信号；另一种是由连续波发射机经方向性天线发射的方位信号，方向性天线的水平面方向性图为部分交叠的双波瓣形，并以100转/分的恒定转速旋转。当水平双波瓣的交叠点(等信号点)旋转到正北方向时，使"35"、"36"两基准脉冲重合，构成系统的"北基准"。当飞机位于地面导航台的正北方向时，飞机收到的"北基准"信号和收到的对应双钟形方位信号的中点相重合，此时飞机方位指示为0°。当飞机位于其他方位时，根据飞机所收到的"北基准"信号与双钟形方位信号中点之间的时间间隔，可推算出飞机当时的方位。同时，系统还利用精测技术使系统的测角精度达到±0.25°。

测距时，由机载测距测向分机发出询问信号，经地面极坐标定位分机的测距应答器进行接收和译码，再经编码延迟后发出应答信号，根据发出询问信号至收到应答信号所经历的时间和无线电

波的传播速度，即可推算出飞机到地面台的斜距。系统测距精度优于200米 ± 0.04%。

进行地面监视时，由地面监视显示分机的“180”脉冲产生器，随方位天线每旋转一周，同步地产生180个脉冲，经编码，形成显示询问信号，只有当机载设备收到的显示询问信号和双钟形方位信号中点重合时，才能产生显示应答信号。含有距离信息和飞机方位信息的应答信号，在地面平面位置显示器上形成飞机的位置亮点，实现地面监视功能。地面监视测角精度为 ± 1°，测距精度为 ± 3 ~ ± 6千米。采用显示应答信号延时重发方式，进行飞机识别，此时在平面位置显示器上径向地出现两个亮点，内侧的一个表示飞机位置，外侧的一个即为飞机识别标志。另外，显示应答信号还可经地面台向位于航空管制中心或指挥所的外置平面位置显示器转发，供指挥调度人员直接监视空中的飞行动态。

（金 伟）

zhongbo daohang xitong

中波导航系统 (medium wave navigation system) 测定飞机相对无线电电台方位角的导航系统。可提供飞机纵轴机头方向到飞机与中波导航台连线之间的相对方位角，用于引导飞机沿预定航线飞行、归航和辅助飞机进场。

中波导航系统工作频率在150 ~ 1 750千赫频段内选用。由地面中波导航台和机载无线电罗盘组成。中波导航台亦称无方向信标台，是一种无方向性辐射中长波信号的无线电发射台。导航距离依发射机输出功率、天线辐射效率和电波传播条件而定，通常为200 ~ 400千米。有调幅报(音频报)、调幅话和等幅报3种工作状态，通常工作在音频报状态，定时以莫尔斯电码形式发出台址识别信号。机载无线电罗盘是飞机上用于测定飞机纵轴机头方向与地面中波导航台之间相对方位角的导航测角设备，能自动跟踪地面中波导航台发射的电磁波信号，连续测量飞机机头方向与电磁波来向的夹角，即电台相对方位角，并在指示器上显示出来，为飞机实现沿航路飞行、归航和辅助进场提供相关导航信息。飞行员根据电台相对方位角操纵飞机飞行，当无线电罗盘指示为0°时，说明飞机正飞向导航台，当无线电罗盘指示为180°时，说明飞机正背离导航台飞行。

中波导航系统出现于20世纪20年代。主要优点是：飞机可以连续自动地测出电台相对方位角，飞行员可直接掌握空中方位；测向时，机上只接收不发射，便于隐蔽；一个地面导航台可供多架飞机同时定向，容量不受限制；地面导航台不能正常工作时，可利用中波广播电台进行辅助导航；设备简单经济，使用方便可靠等。缺点是易受干扰，受夜间效应、山地效应和海岸效应等影响，导航误差较大。

（武 昌）

xinbiao daohangtai

信标导航台 (marker NDB station) 将指点信标机和中波导航机同台址安装的导航台站。具有指点信标台和无方向信标台（中波导航台）双重功能。用于标志航路起点、转弯点、检查点，引导飞机沿航路飞行。也可在机场着陆方向跑道中线延长线上的适当位置分别设置近距、远距信标导航台，组成双信标着陆系统，引导飞机进场着陆。

（牛怀智）

wufangxiang xinbiaotai

无方向信标台 (non direction beacon station) 无方向性辐射电磁波的中长波导航台。又称中波导航台。中波导航系统的地面设备部分。通常设置在机场区域、航路导航点以及空中走廊进出口处，引导飞机归航或沿航路飞行。由天线系统、发射机、监控设备和电源等组成。工作频率在150 ~ 1 750千赫频段范围内按规定选用，通常的工作频段为150 ~ 800千赫。有效作用距离受发射机输出功率、天线辐射效率及电波传播路径上的地形地质条件的影响，通常为200 ~ 400千米。天线常采用“T”型或“伞”型天线。发射机输出功率在15 ~ 1 000瓦范围内根据需要选定，辐射垂直极化波，并定时以莫尔斯电码形式发出台址识别信号。飞机上的无线电罗盘接收到信号后，能识别台址和测定飞机纵轴机头方向与无方向信标台的相对方位角。无方向信标台设备简单，使用方便，仍较广泛使用。缺点是电波传播受传播路径的地形、地质条件影响和天电干扰，导航误差较大。

（任德生）

zhongbo daohangtai

中波导航台 (medium wave navigation station) 见无方向信标台。

zhidian xinbiaotai

指点信标台 (marker beacon station) 用于标志地面固定点的甚高频信标发射台。以75兆赫的频率向空中垂直发射经“点”、“划”音频调制的无线电信号。当飞机飞临信标台上空时，机载指点信标接收机即可向飞行员提供到达该地点的音响和灯光信号。按其所发射的波束形状的不同，区分为扇形指点信标台和“Z”型指点信标台。扇形指点信标台通常作为双信标着陆系统和仪表着陆系统的组成部分，双信标着陆系统包括两个指点信标台，通常与机场远距导航台和近距导航台同址架设；仪表着陆系统包括2个或3个指点信标台，分别设置在机场跑道中线延长线、距跑道着陆端6 500 ~ 11 100米（外台）、900 ~ 1 200米（中台）和75 ~ 450米（内台，限Ⅱ、Ⅲ类着陆标准）的地方。“Z”型指点信标台用于标志航路检查点和转弯点，通常与中波导航台设置在一起。

指点信标台是一种简单、老式的无线电导航设施，缺点是不能提供准确的距离算法。20世纪80年代，航路指点信标台已被测距器（DME）所取代，着陆指点信标台将随着精密测距器(DME/P)的推广应用，将逐步被取代。

（印福章）

chaoduanbo dingxiang shebei

超短波定向设备 (VHF/UHF direction finder) 根据电台辐射电磁波的来向自动测出飞机相对电台方位角（机载）或飞机方位角（地面）的导航测角设备。工作频段为118 ~ 156兆赫、225 ~ 400兆赫。主要有机载超短波定向设备和地面超短波定向设备。

机载超短波定向设备由定向天线、超短波通信电台、定向附加器和航向指示器等组成。能自动连续地测出飞机纵轴与地面（或空中）电台之间的相对方位角。用于空中会合、航空救生搜索和辅助归航等。0°方向的定向误差不大于 ± 3°。

地面超短波定向设备通常有比幅式测角和比相式测角两种。由定向天线、接收机、方位信号处理器及显示装置等组

成。定向天线是定向设备的关键部分，比幅式定向设备通常采用小孔径定向天线（双H型天线），输出信号幅度调制指数与来波方向有一定的依从关系；比相式定向设备通常采用多个无方向性天线构成的大孔径圆形天线阵，输出信号的相位与来波方向有一定的依从关系。由定向天线接收的信号经接收机和方位信号处理器对信号进行处理后送往显示装置。显示装置有指针式、阴极射线管式和数字式3种，显示被测电台方位。被测电台的方位（或航向）由操作人员使用通信电台报出。地面超短波定向设备通常配置在机场内或跑道中线延长线上，也可与精密进场雷达配置在一起，用于测定飞机方位，当飞机迷航或无线电罗盘失效时，引导飞机归航；当定向设备与机场监视雷达配置在一起时，也可用于单架飞机识别。通常比幅式定向设备的定向误差不大于±3°，比相式定向设备的定向误差不大于±1.5°。

超短波定向设备的优点是设备简单，定向直观、迅速；缺点是定向精度受场地、环境影响较大。（雷志雄）

chaoduanbo dingxiangtai
超短波定向台 （VHF/UHF direction finder） 测定空中电台方位的地面自动测向台。用于引导飞机归航、辅助飞机进场着陆以及与机场监视雷达配合，识别单架飞机。通常设置在机场内或机场跑道中线延长线上。由天线系统、接收机、方位信号处理及显示部分组成。工作频段为118～156兆赫、225～400兆赫。分为比幅式和比相式两大类。比幅式定向台通常采用小孔径定向天线，易受地形、地物反射引起的多路径传播干扰，定向精度较低；比相式定向台通常采用大孔径天线阵，能抑制和减少地形、地物反射造成的多路径传播干扰，定向精度较高。地面操作人员测定出空中飞机电台方位后，通过定向台配置的地空通信电台向空中被测飞机通告飞机的方位或航向。

（任德生）

quanxiang xinbiao daohang xitong
全向信标导航系统 （omnidirectional beacon navigation system） 测定相对于地面全向信标台磁方位角的无线电近程导航系统。简称伏尔（VOR）。用于飞机的出航、归航和航路飞行。工作频段为108～118兆赫，测角容量不受飞机数量限制。

组成 由机载设备和地面全向信标台组成。①机载设备。包括天线、接收机、方位信号处理单元、控制器和显示器等。当机载设备同时接收两个地面全向信标台发射的信号时，可实现飞机二维定位；当地面全向信标台与DME测距台同址架设时，可实现飞机极坐标定位。②地面全向信标台。包括定向天线系统、发射机和监测装置等。根据需要可设在机场内，也可设在航路上；可与地面DME测距台同址配置，也可与地面塔康台同址安装，实现极坐标定位。

工作过程 全向信标导航系统根据地面台辐射信号的调制包络相位与飞机方位角之间的一一对应关系，为飞机提供方位信息。地面全向信标台用30赫正弦波对9 960赫副载波调频，然后对载波调幅，经地面无方向性天线辐射到空中，调频信号中的30赫正弦信号是方位测量的基准信号，相位固定不变，称为“固定相位”信号。全向信标天线阵形成心脏形方向图向空中辐射调幅信号，并按顺时针方向以每秒30周速率旋转，形成以30赫调幅的方位包络信号，该信号相位随方位变化，称为“可变相位”信号。机载设备接收到地面信标台发射的信号后，经调幅、调频解调处理，分别获得可变相位信号和固定相位信号，根据两信号的相位差，测出飞机相对于全向信标台的方位角。

为克服场地多径干扰引起的方位误差，广泛采用多普勒全向信标（DVOR），多普勒伏尔采用大孔径天线阵，应用多普勒效应测角，同样利用两个30赫正弦信号之间的相位差与空间方位一一对应关系实现测角，其差别仅是“固定相位”信号采用调幅制，“可变相位”信号采用调相制。机载设备对常规伏尔地面信标台的测角精度通常为±2°，对多普勒伏尔地面信标台的测角精度通常为±1°。

全向信标导航系统由美国20世纪30年代开始研制，1945年公布研制成果，于1949年被国际民航组织定为无线电台近程导航标准系统。1951年，国际民航组织决定把伏尔系统和美国的DME测距器结合起来，构成全向信标／测距器无线电近程导航标准系统，现已被世界民航广泛使用，在军用运输机及轰炸机中也有应用。（王学义）

quanxiang xinbiaotai
全向信标台 （omnidirectional beacon station） 见全向信标导航系统。

chaogaopin ceju xitong
超高频测距系统 （UHF distance measuring system） 用来测定飞机到地面测距台斜距的无线电近程导航系统。简称DME。用于飞机进场及航路飞行。飞机同时对两个地面台测距，可实现平面二维定位；地面测距系统与全向信标台同址架设使用，可实现飞机极坐标定位。工作频段为960～1 215兆赫，共252个波道（X模式、Y模式各126个）。由机载测距询问设备和地面应答设备组成。机载测距询问设备包括天线、收／发信机、控制和显示器等；地面应答设备包括天线、收／发信机和监测装置等。有常规测距系统和精密测距系统。

常规测距系统（DME/N） 采用询问应答式脉冲测距，即机载设备向地面测距台随机发射询问脉冲对，经地面设备接收、译码和固定延时后，再以脉冲对的形式发射应答脉冲，机载设备接收后，根据发出询问脉冲至收到应答脉冲所经历的时间（扣除地面台固定时延）和无线电波的传播速度，自动解算出飞机到地面测距台的斜距。机载设备还具有空空测距功能，可实现双机之间相互测距，也可实现单架飞机与机群之间的测距，此时只测量和显示与机群中最近一架飞机的距离。测距误差为±370米或所测距离的0.25%（取大者），最多可同时为100架飞机测距。覆盖范围受设备发射功率、接收灵敏度和超短波视距传播规律的制约，通常飞行高度10千米时，作用距离约370千米。

精密测距系统（DME/P） 为配合微波着陆系统引导飞机进场着陆，在常规测距系统基础上派生出精密测距系统。该系统有200个波道和微波着陆系统配对使用，有4种编码（X、Y、W、Z）工作模式，作用距离不小于41千米，测距精度为在跑道中线延长线上、距跑道着陆端9千米处的航道跟随误差（PFE）不大于±85米。由机载精密测距设备和地面精密测距设备组成。机载精密测距设

备与地面精密测距设备配合工作实现精密测距，与地面常规测距设备或塔康地面台的测距部分配合工作实现非精密测距；同样地面精密测距台也可与机载常规测距设备或塔康机载设备的测距部分配合工作实现非精密测距。

常规测距地面台通常与全向信标地面台建在一起，设在机场内或航路上；精密测距地面台通常与微波着陆系统中的方位引导台同址安装。

（王学义）

chaogaopin cejutai

超高频测距台 (UHF distance measuring station) 见超高频测距系统。

jinchang zhuolu xitong

进场着陆系统 (approach and landing system) 为进场着陆飞机提供方位引导、下滑引导和距离信息的无线电导航设备的统称。主要包括双信标着陆系统、仪表着陆系统、雷达引导着陆系统和微波着陆系统。

双信标着陆系统 利用无线电信标为飞机提供相对于跑道中线延长线方位偏差和到达跑道着陆端固定点的距离信息，引导飞机进场着陆的导航系统。由设置在跑道中线延长线、距跑道着陆端一定距离的两个无方向信标台（中波导航台）、两个指点信标台和机载无线电罗盘、指点信标接收机、磁罗盘、无线电高度表组成。无方向信标台发射无方向性信号，供机载无线电罗盘测定飞机进场方位；指点信标台为飞行员提供到达跑道着陆端固定点的距离信息。飞行员依据系统提供的相对于无方向信标台的方位和距跑道着陆端的距离指示，参照无线电高度表，下降到规定的着陆高度，然后转入目视进场着陆。该系统的方位精度低，不能提供下滑道信息，使用时受气象条件限制较大。

仪表着陆系统(ILS) 以仪表指示方式提供航向道、下滑道和距离信息，引导飞机进场着陆的导航系统。由设置在机场跑道一定位置的航向信标台、下滑信标台、指点信标台和机载航向、下滑及指点信标接收机等组成。航向信标台为飞机提供与跑道中线延长线相重合的航向道及其偏差引导信号；下滑信标台为飞机提供与下滑角相符的下滑道及其偏差引导信号；指点信标台为飞机提供距跑道着陆端距离和检查高度的信号。飞行员根据双针指示器的指示操纵飞机沿航向道和下滑道进场着陆。仪表着陆系统的信号也可输入飞机自动驾驶仪，自动引导飞机进场着陆。按其保障能力分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类。Ⅰ类设备能保障飞机在垂直能见度60米，水平能见度800米的最低气象条件下进场着陆；Ⅱ类设备能保障飞机在垂直能见度30米，水平能见度400米的最低气象条件下进场着陆；Ⅲ类设备能保障飞机在垂直能见度0米，水平能见度分别为200米、50米和0米的最低气象条件下进场着陆。该系统能精确直观地向飞行员提供方位偏差和下滑偏差，可根据不同使用要求选用不同类型的设备。但只能提供一条下滑道，不能满足短距和垂直起落飞机的要求，对场地条件要求高。

雷达引导着陆系统 又称地面控制进场系统(GCA)。由地面雷达提供精确的目标位置信息，利用地空通信设备引导飞机进场着陆的导航系统。由设置在跑道中部附近的机场监视雷达、精密进场雷达和地空通信设备等组成。机场监视雷达是环视雷达，探测半径100余千米，与二次雷达或定向台配合工作，可识别单架飞机。精密进场雷达，又称着陆雷达，可直观显示飞机偏离预定进场航向道和下滑道情况。指挥引导人员利用机场监视雷达监视和管制进场飞机，将其引导到精密进场雷达探测区，再根据精密进场雷达航向和下滑显示器上目标位置信息偏离进场航向道和下滑道标线情况，向飞行员下达引导指令，飞行员按引导指令操纵飞机下降到规定高度，转入目视进场着陆。利用雷达引导着陆系统，可保障飞机在垂直能见度60米，水平能见度800米的最低气象条件下进场着陆。适用于各种机场引导各种飞机，机动性好，但需地面人员引导，飞行员处于被动状态。

微波着陆系统(MLS) 工作在微波波段、采用时间基准波束扫描、能连续提供精确的飞机方位、仰角和距离信息的进场着陆系统。由地面设备和机载设备组成。地面设备包括方位引导、仰角引导、拉平引导和精密测距设备。机载设备包括方位、仰角引导接收处理设备和精密测距设备。具有宽阔的方位和仰角覆盖，可提供直线、曲线等多种进场方位引导和任选的分段、陡峭的仰角引导，适用于常规起降、短距起降和垂直起降的各种飞机起飞、着陆和复飞引导要求。引导精度高，容量大，抗多径干扰能力强，能满足全天候、自动着陆和空中交通量日益增加的要求，设备体积小、重量轻，对场地条件要求低，机动性好。

20世纪30年代中期，出现了双信标着陆系统。30年代末，开始使用仪表着陆系统，并于1949年被国际民航组织确定为国际民航的标准着陆系统。是迄今使用最广泛的着陆系统。40年代中期，出现雷达引导着陆系统，主要用于军用机场。60年代后期，出现微波着陆系统，1978年国际民航组织确定采用时间基准波束扫描(TRSB)微波着陆系统作为国际民航标准的微波着陆系统。微波着陆系统将成为未来军民共用的主要飞机着陆系统，逐步取代仪表着陆系统和雷达引导着陆系统。

（郭恒谋）

shuangxinbiao zhuolu xitong

双信标着陆系统 (double beacon landing system) 为飞机提供相对于跑道中线延长线的方位偏差和到达跑道着陆端固定点的距离信息，引导飞机进场着陆的导航系统。由地面设备和机载设备组成。地面设备包括设置在跑道中线延长线上、距跑道着陆端4 000～7 000米和900～1 500米的远、近距信标导航台；机载设备包括无线电罗盘、指点信标接收机、高度表及磁罗盘等。远、近距信标导航台的无方向信标机分别工作于不同的频率，发射无方向性信号，供机载无线电罗盘测定飞机进场方位。远、近距信标导航台的指点信标机工作于米波波段的同一频率上，垂直向上发射一个标志固定地点的扇形波束，机载指点信标接收机收到信号后，发出音响和灯光信号。飞行员依据系统提供的相对于跑道中线延长线的进场方位和距跑道着陆端的距离指示，参照无线电高度表，下降到规定的着陆高度，然后转入目视进场着陆。

飞机通常装有一个无线电罗盘，有的也装有两个无线电罗盘。①飞机上装有一个无线电罗盘时，飞行员按仪表指示着陆必须借助磁罗盘指示的磁航向信息和跑道着陆方向数据。飞机在远距信标导航台以外时，无线电罗盘调在远距无方向信标机的工作频率上，保持无线

电罗盘指示为0°飞行，同时要保持飞机磁航向和跑道着陆方向相适应；飞机通过远距信标导航台上空时，检查高度、计算下滑角，随后将无线电罗盘转到近距无方向信标机的工作频率上，仍保持0°飞行，磁罗盘保持跑道着陆方向磁航向不变；飞机通过近距信标导航台上空时，再次检查高度和下滑角，然后转入目视进场着陆。②飞机装有两个无线电罗盘时，一个罗盘工作在远距无方向信标机频率上，另一个罗盘工作在近距无方向信标机频率上。飞机在远距信标导航台以外进场时，保持两个无线电罗盘的指示器均为0°，表示飞机机头已对准跑道中线延长线方向（无侧风时），飞机通过远距信标导航台上空时，其配合工作的无线电罗盘指示将由0°反转到180°，同时指点信标接收机收到远指点信标信号，通过特定灯光和铃响告知飞行员检查高度表指示，根据远指点信标到跑道着陆端的距离和高度表指示可以判断下滑角是否符合要求，飞机通过近距信标导航台时，两个无线电罗盘均应指示180°，检查高度和下滑角，然后转入目视进场着陆。

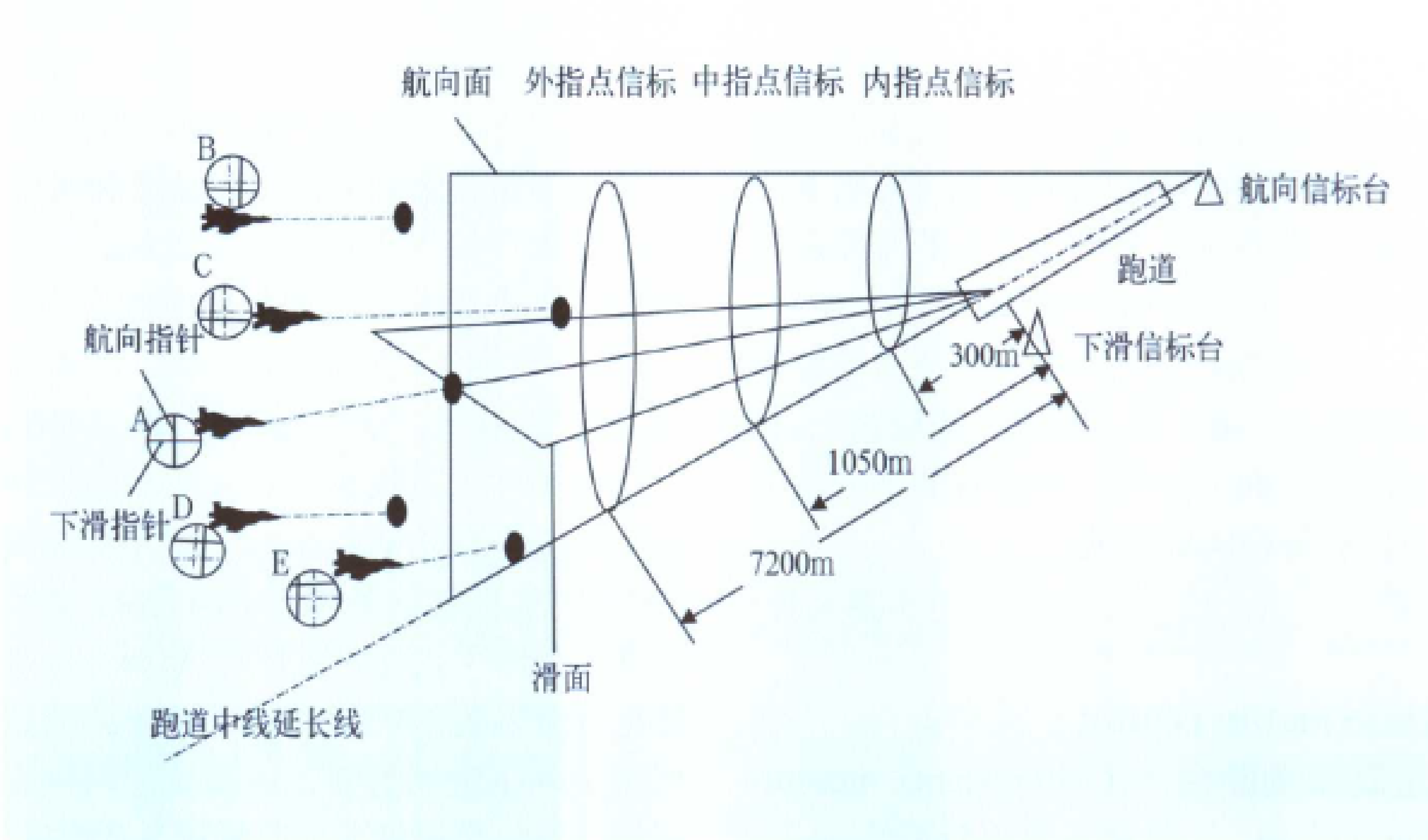
该系统结构简单、成本低廉，但引导精度低，保障能力较差，且不能提供下滑道信息。（武 昌）

yibiao zhuolu xitong

仪表着陆系统 (instrument landing system) 采用仪表指示方式为着陆飞机在进场过程中提供航向、下滑和距离信息，引导飞机进场着陆的无线电导航系统。由地面设备和机载设备组成。

地面设备 包括航向信标台、下滑信标台和指点信标台。①航向信标台。由航向天线阵、发射机和监测器等组成。工作在甚高频波段。航向天线阵设置在次着陆方向的跑道中线延长线上，以特定的场型，向进场着陆方向发射标志航向道位置、宽度的信号，为飞机提供一个垂直于跑道平面、与跑道中线相重合的航向道引导信息。当飞机偏离航向道时，机载仪表即可指出飞机偏离航向道的方向和程度，飞行员根据仪表指示修正航向，引导飞机对准航向道。②下滑信标台。由下滑天线、发射机和监测器等组成。工作在超高频波段。下滑天线设置在跑道着陆端的左侧或右侧，以特定的场型，向进场着陆方向发射一个标志下滑道位置、宽度的信号，为飞机提供一个与跑道平面成一定角度的下滑道引导信息。当飞机偏离下滑道时，机载仪表即可指出飞机偏离下滑道的程度，飞行员根据仪表指示进行俯仰修正，引导飞机对准下滑道。③指点信标台。由天线和发射机等组成，工作频率为75兆赫，分别设置在距跑道着陆端7 200米、1 050米、300米处，称为外、中、内指点信标台。外指点信标台以400赫的“划”信号调制，中指点信标台以1 300赫的“点”、“划”信号调制，内指点信标台以3 000赫的“点”信号调制。

机载设备 包括航向信标接收机、下滑信标接收机、指点信标接收机及双针指示器等。接收处理地面信标台发射的信号，用仪表和灯光等方式提供有关信息。①当飞机位于航向道左侧时，航向指针右偏，如图中B或D所示，提醒飞行员向右修正航向；反之航向指针左偏，如图中C或E所示，提醒飞行员向左修正航向。②当飞机位于下滑道上方时，下滑指针下移，如图中B或C所示，提醒飞行员降低高度；反之下滑指针上移，如图中D或E所示，提醒飞行员增加高度。飞机同时位于航向道和下滑道上时，航向和下滑指针指示位于表盘中央，成“十”交叉状况，如图中A所示。③当飞机通过外指点信标台上方时，可收到以每秒2“划”发出音频信号和蓝色灯光指示；通过中指点信标台上方时，可收到每2秒（或3秒）1个“划、点”信号和琥珀色灯光指示；通过内指点信标台上方时，可收到每秒6个“点”信号和白色灯光指示。



仪表着陆系统工作原理示意图

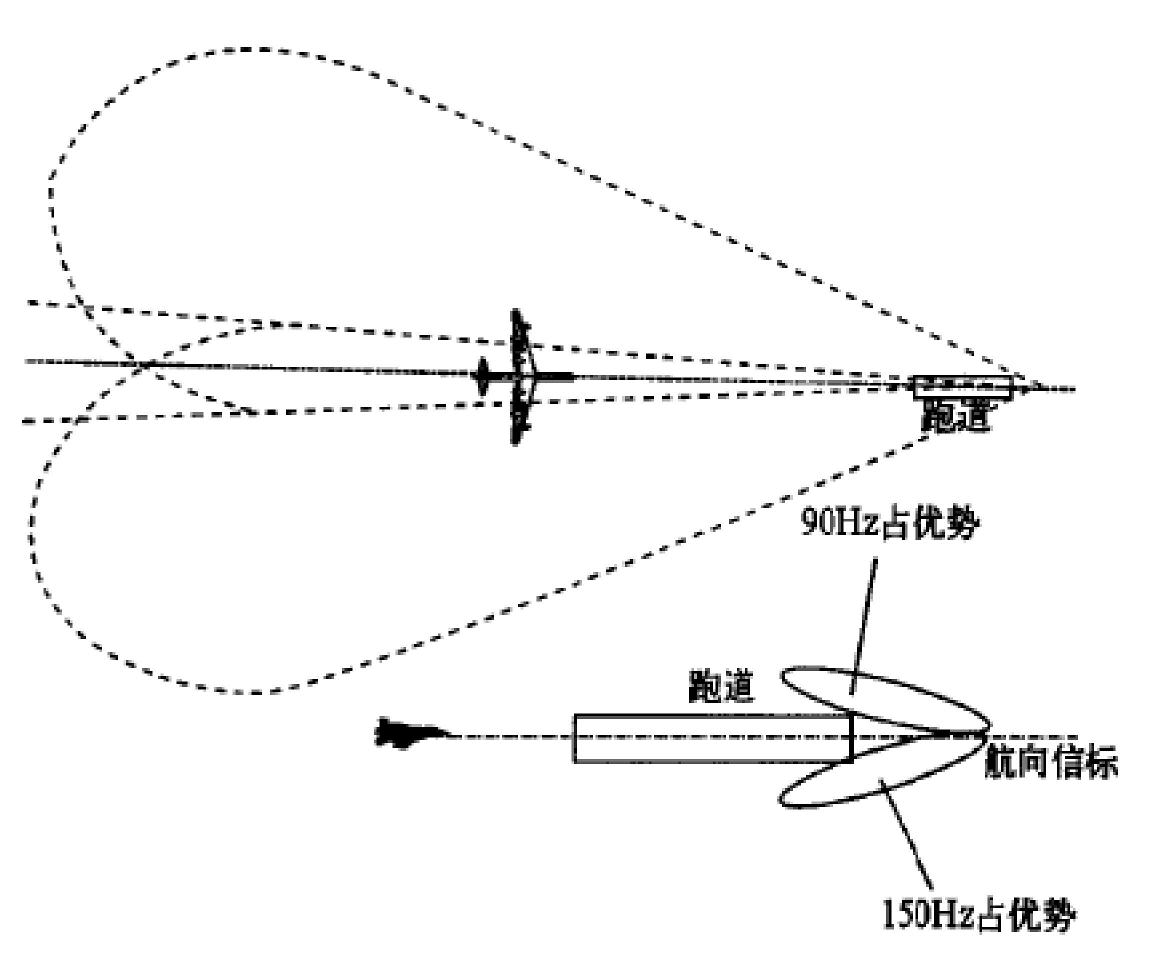
国际民航组织于1965年根据不同气象条件下引导飞机进场着陆的能力，将仪表着陆系统划分为3种类别（见表）。满足不同着陆类别要求的仪表着陆系统，可在能见度不低于跑道视距时，将飞机引导到决断高度后，由飞行员目视着陆。根据不同使用要求，可选择不同类别的设备。仪表着陆系统能精确直观地向飞行员提供航向、下滑信息但只能提供单一的航向道和下滑道，对场地条件要求较严。（付景余）

仪表着陆系统分类

类别	决断高度（米）	跑道视距（米）
Ⅰ	60	800
Ⅱ	30	400
$Ⅲ_A$	15	200
$Ⅲ_B$	0	50
$Ⅲ_C$	0	0

hangxiang xinbiaotai

航向信标台 (course beacon station) 为进场着陆飞机提供进场航向道及其偏差信息的无线电发射台。仪表着陆系统地面设备的组成部分。工作频段为108.1～111.95兆赫，共40个波道。由航向天线阵、航向发射机和监测器等组成。①航向天线阵。通常设置在次着陆方向的跑道中线延长线上、距跑道末端200～600米处。②航向发射机。产生两个分别由导航音频90赫和150赫共同调制的调幅波信号，一个为90赫与150赫的“和”信号调制的载波加边带信号，称为CSB信号。另



航向信标台工作原理示意图

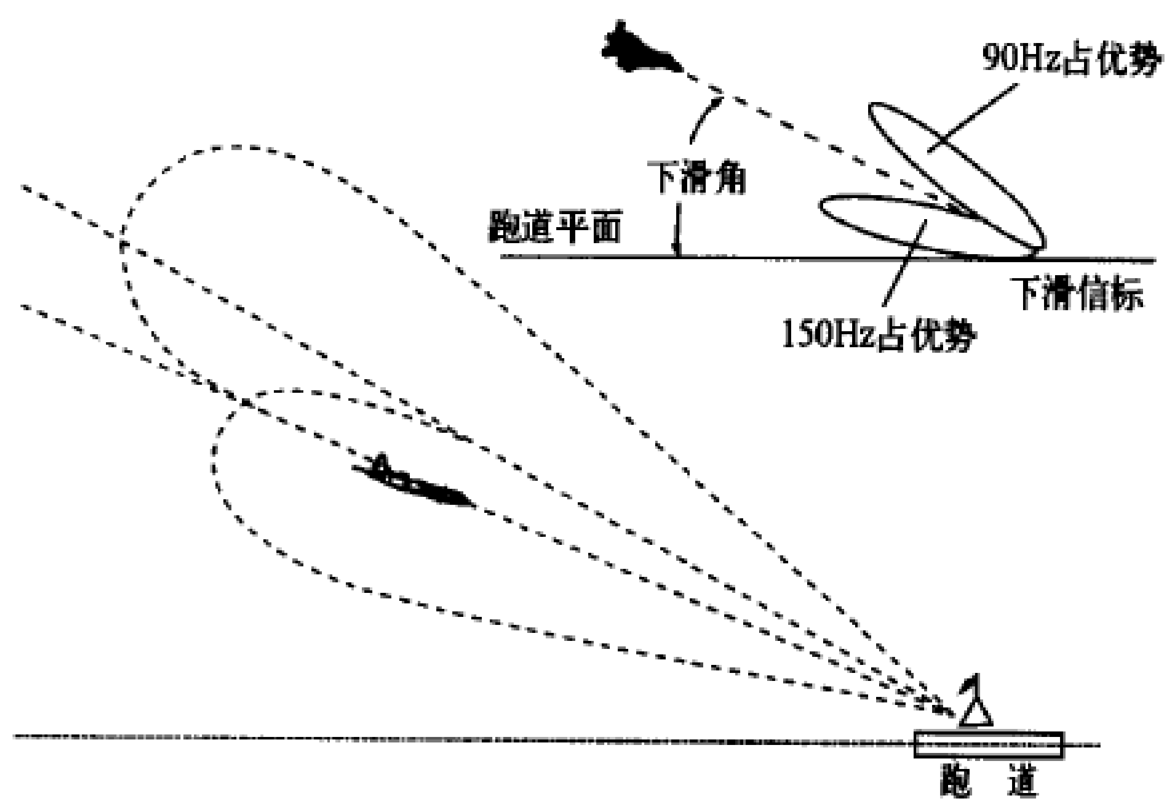
一个为90赫与150赫的"差"信号调制的纯边带信号，称为SBO信号。两个信号以特定规律馈送给航向天线阵向空间辐射，在空中叠加形成一个与跑道中线延长线相重合的航向道。当飞机在航向道左侧时，所接收的90赫调制信号占优势；当飞机在航向道右侧时，150赫调制信号占优势。飞机位于航向道上时，90赫调制信号和150赫调制信号相等，表明飞机已处于跑道中线延长线上。③监测器。为保证系统可靠工作，通常将发射的信号取回一部分由监测器监测。根据取回信号的部位不同，可分内部监测和外部监测。内部监测是从天线单元内部取回信号，外部监测是从天线阵前方架设一个监测天线，直接接收发射信号。监测器可监测信号的射频电平幅度、航向道位置、航向道扇区宽度、音频信号调制度和识别信号调制度等参数。通常采用两个监测器同时监测，当被监测的参数超过允许误差时，两个监测器同时告警，控制单元将自动控制主机与备份机切换。

（付景余）

xiahua xinbiaotai

下滑信标台 (glide beacon station)

为进场着陆飞机提供进场下滑道及其偏差信息的无线电发射台。仪表着陆系统地面设备的组成部分。工作频段为328.1～335.95兆赫，共40个波道，与航向信标台工作频率配对使用。由下滑天线、下滑信标发射机和监测器等组成。①下滑天线。安装在跑道着陆端的一侧，距跑道中线75～120米，距跑道着陆端约200～400米。②下滑信标发射机。产生两个分别由导航音频90赫和150赫共同调制的调幅波信号，一个为90赫与150赫的"和"信号调制的载波加边带信号，称为CSB信号。另一个为90赫与150赫的"差"信号调制的纯边带信号，称为SBO信号。两个信号以特定规律馈送给下滑天线向空间辐射，在空间叠加形成一个与规定下滑角相符的下滑道。当飞机在下滑道上方时，接收的90赫调制信号占优势；当飞机在下滑道下方时，150赫调制信号占优势；飞机位于下滑道上时，90赫调制信号和150赫调制信号相等，表明飞机已处于正确的进场下滑位置。③监测器。为保证系统工作正常，将发射信号取回一部分由监测器监测。根据不同要求，监测分为内部监测和外部监测。内部监测是从天线处取回信号，外部监测是从天线前方架设一个监测天线，直接接收



下滑信标台工作原理示意图

发射信号。监测器可监测信号的射频电平幅度、下滑道位置、下滑道扇区宽度、音频信号调制度和等参数。通常采用两个监测器同时监测，当被监测的参数超过允许误差时，控制单元将自动控制主机与备份机切换。

（付景余）

weibo zhuolu xitong

微波着陆系统 (microwave landing system)　为进场着陆飞机提供方位、仰角、距离信息，工作在微波波段的无线电导航系统。简称MLS。测角设备工作频段为5 031.0～5 090.7兆赫，分为200个波道，波道间隔为0.3兆赫。精密测距设备工作频段为979～1 143兆赫，采用X、Y、Z、W四种工作模式，分为200个波道。其特点是：引导精度高，能满足全自动着陆要求；提供多种进场着陆的路径，适用于常规起降、短距起降和垂直起降的各型飞机；工作频率高，设备体积小，对场地条件要求低，易于机动；拥有三级机载设备的飞机可实现曲线进场。

组成与功能　由地面设备和机载设备组成。地面设备包括基本型地面设备和扩展型地面设备。基本型地面设备包括方位引导台、仰角引导台和精密测距应答设备以及遥控遥测设备；扩展型地面设备还包括反方位引导台和拉平引导台。①方位引导台。通常和精密测距应答设备一起，配置在次着陆方向的跑道中线延长线上。为着陆飞机提供相对于跑道中线延长线的方位引导信息以及飞机进场着陆所需的数据信息，精密测距应答设备提供距跑道着陆端的距离信息。②仰角引导台。配置在跑道着陆端一侧，为着陆飞机提供相对于水平面的仰角引导信息。③反方位引导台。配置在主着陆方向的跑道中线延长线上，为飞机提供相对于跑道中线延长线的方位引导信息，用于引导飞机起飞、复飞或离场。④拉平引导台。配置在靠近飞机着陆地点的跑道的一侧，为飞机提供拉平阶段的距离地面的高度信息，用来辅助飞机接地前拉平至主轮接地的着陆过程。⑤遥控遥测设备。通常安装在机场塔台内，实现对系统各地面设备的实时监测与控制。机载设备包括角度接收处理设备、精密测距询问设备和控制显示器等，按工作能力分为0级、1

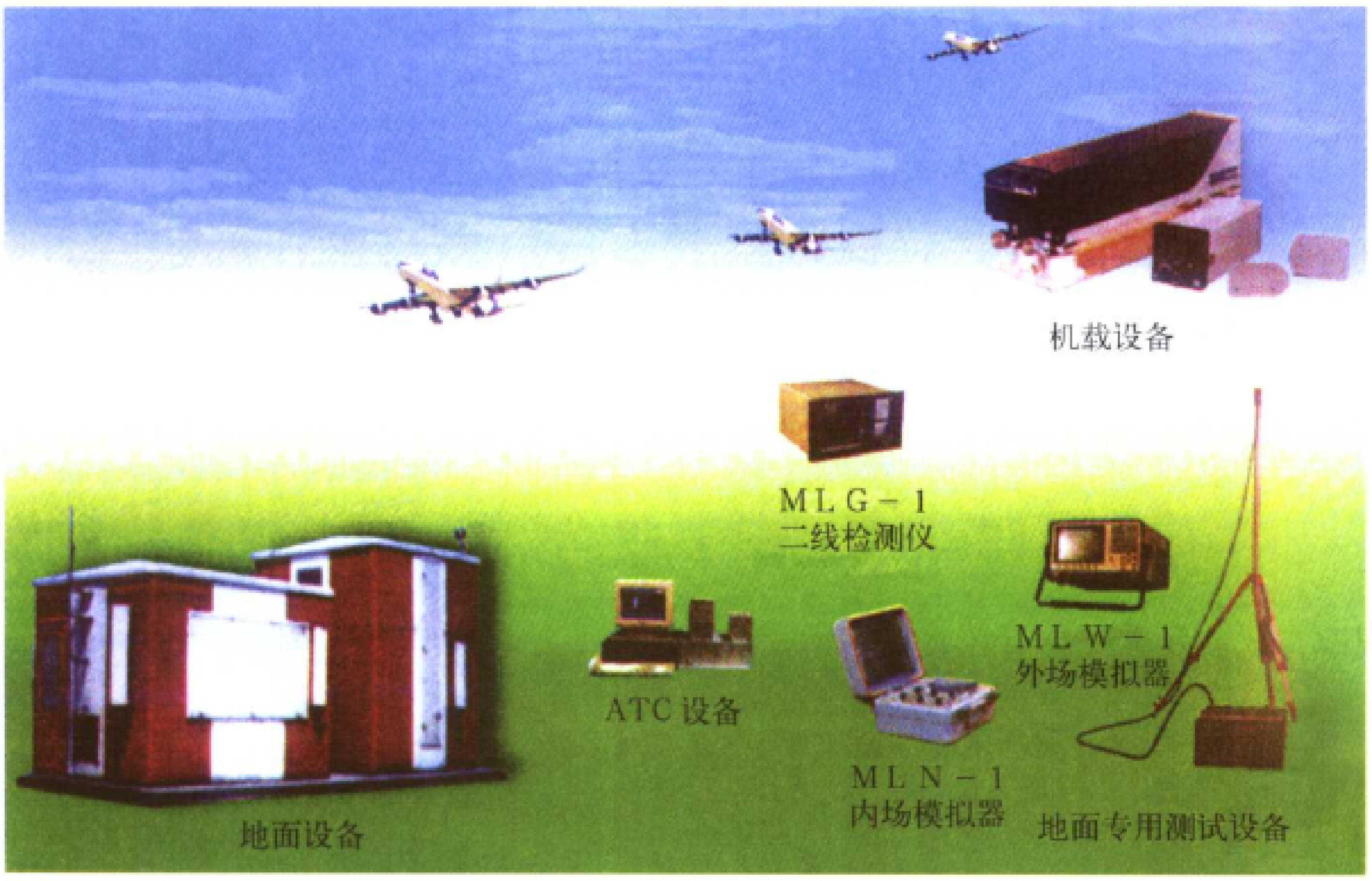


图1 微波着陆系统组成示意图

级、2级、3级（图1）。

工作原理 地面测角设备均由方位引导台的时序控制单元统一的时序控制工作，产生规定信号格式的信号向作用区域辐射。信号格式是根据时分多路复用技术设计的，测角系统的各组成部分工作在同一频率上，角度引导信号和数据字编排在同一信号格式里，各自占有一定的发射时隙，不同时隙的信号靠前导码识别。方位引导台发送的基本数据包括地面台的识别码、信号覆盖范围、可用最低下滑角、设备性能级别和所用频道等；发射的辅助数据包括地面台的配置情况、气象情报、跑道状况及有关补充信息等。

地面方位和仰角引导台是按照时间基准扫描波束原理，通过辐射一个极窄的扇形波束，以稳定而精确的速率按一定的角度范围在空间左右或上下扫描。当波束照射到飞机时，机载角度接收处理设备便检测到这一脉冲信号，通过测量波束的一个往返扫描周期的两个脉冲信号的时间间隔，即可测出飞机相对于方位基准线或仰角基准线的偏移角度（图2）。方位引导台可提供水平面内宽达±40°的方位引导覆盖，仰角引导台可提供垂直面内0.9°～15°的仰角引导覆盖。

精密测距系统采用询问—回答式脉冲测距原理，由机载精密测距询问器发出一对具有特定时间间隔的编码询问脉冲，地面精密测距应答器接收到该询问脉冲后，经译码、编码和固定延时，发出一具有特定时间间隔的编码回答脉冲，该回答脉冲被机载精密测距询问器接收后，通过测量询问与回答脉冲之间的时间间隔推算出机载与地面设备间的斜距。

简史 微波着陆系统是20世纪60年代后期出现的，1978年4月国际民航组织召开的全天候飞行专业会议上，确认美国和澳大利亚提出的时间基准扫描波束技术为微波着陆系统的标准技术，并从1983年开始正式确定微波着陆系统为新一代的精密进场着陆引导系统。

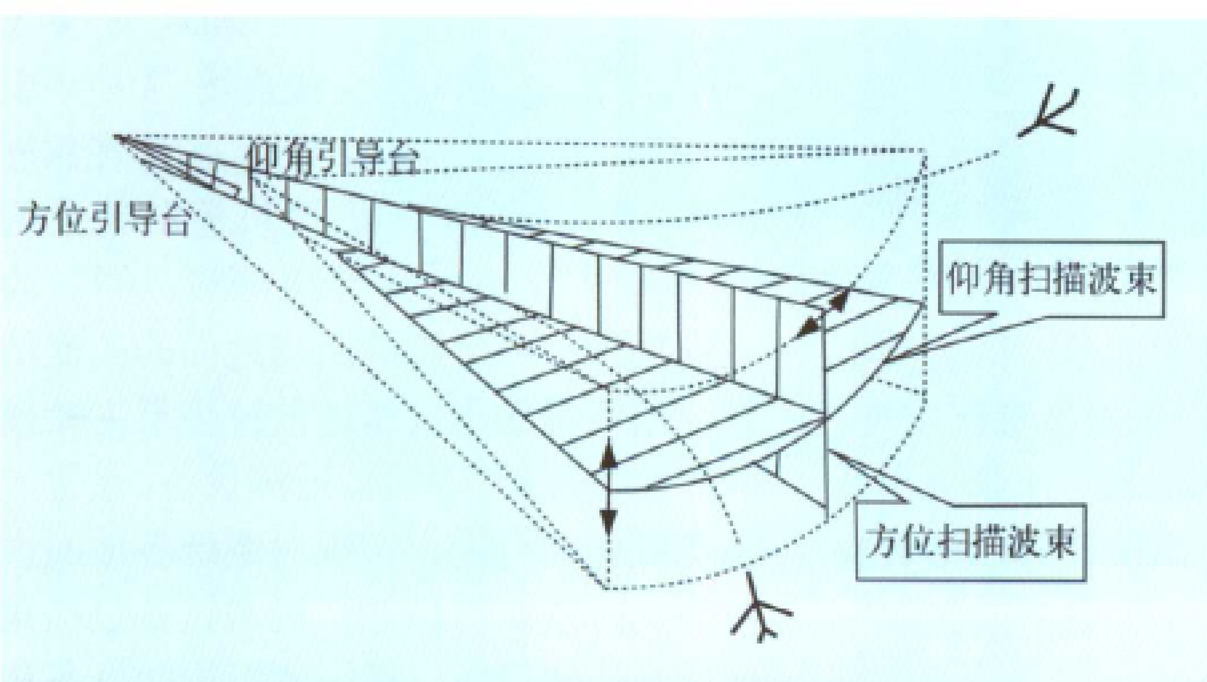


图2 方位、仰角引导台工作原理示意图

展望 虽然卫星导航系统发展迅速，并以其特有的便利和灵活性应用于飞机进场着陆引导领域，但作为地基系统的微波着陆系统，仍是一种先进的飞机进场着陆引导系统并将继续得到应用。

（吴德伟）

fangwei yindaotai

方位引导台 (azimuth guide station)

为进场着陆飞机提供方位引导信息，工作于微波波段的无线电发射台。微波着陆系统地面设备的组成部分。工作频段为5 031.0～5 090.7兆赫，分为200个波道。其覆盖区水平为±40°、垂直为0°～15°，距离37千米。由天线、发射机、时序产生器、控制器、监测器等组成。①天线。配置在次着陆方向的跑道中线延长线上，距跑道末端300～500米，因场地条件限制不能配置在跑道中线延长线上时，可采用偏置安装方式。包括方位扫描波束天线、数据天线、余隙天线和覆盖区外指示天线。方位扫描波束天线一般采用相控阵天线形式，以电扫方式产生一个很窄的波束(水平面内宽度0.5°～ 3°)以20°/毫秒的速率进行扫描，向±40°比例引导扇区提供方位角引导信息。为适应某些机场地形条件限制的需要，有的方位引导台提供一种只有±10°的比例引导扇区并通过余隙天线向±10°～±40°区域发射余隙信号，以提供左飞或右飞指示。数据天线向整个前向扇区（±40°）辐射前导信号和数据信号。数据信号包括地面台识别码、信号覆盖范围、可用最低下滑角、设备性能级别和所用频道等。除前向±40°引导扇区外，在360°方位中剩下的区域由若干个OCI天线向各自扇区辐射覆盖区外指示信号。②发射机。产生射频数据信号、方位波束扫描信号和OCI信号，并经天线转换开关馈送给对应的天线辐射出去。③时序产生器。产生微波着陆系统地面设备的同步信号及发射时序控制信号。④控制器。对发射机、天线转换开关、扫描波束以及开关机控制。⑤监测器。接收监测天线送回的发射信号，对设备的主要性能参数进行连续监测，当监测参数超限时，向控制器发出告警信号，控制主机与备份机切换或关机。

（吴德伟）

yangjiao yindaotai

仰角引导台 (elevation guide station)

为进场着陆飞机提供仰角引导信息，工作于微波波段的无线电发射台。微波着

陆系统地面设备的组成部分。工作频段为5 031.0～5 090.7兆赫，分为200个波道。其覆盖区水平为±40°、垂直为0°～15°，距离为37千米。由天线、发射机、控制器和监测器等组成。①天线。配置在跑道着陆端一侧，距跑道中线75～180米，距跑道着陆端的距离由最低下滑角等因素决定，通常为250～350米。包括仰角扫描波束天线、OCI天线和前导码天线。仰角扫描波束天线产生一个很窄的波束(垂直面内宽度1°～2°)以20°/毫秒的速率进行扫描，向仰角比例引导扇区提供仰角引导信息。仰角扫描波束天线一般由印刷阵子的辐射阵元组成，所有阵子沿一条垂直线上下排列，辐射垂直极化波。在水平面内的方向性由设置在对称阵子左右两侧的反射板控制，该反射板成一个片状喇叭口形，将辐射能量汇集在覆盖区内，并使沿跑道中线延长线方向上的增益最大，两侧渐减，在覆盖区域边缘减至为零。OCI天线辐射一个顶空覆盖区外指示信号。前导码天线向整个前向扇区(±40°)辐射仰角引导设备的前导码信息。②发射机。产生射频数据信号、仰角波束扫描信号和OCI信号，并经天线转换开关馈送到对应的天线辐射出去。③控制器。对发射机、天线转换开关、扫描波束和开关机控制。④监测器。接收监测天线送回的发射信号，对设备的主要性能参数进行连续监测，当监测参数超限时，向控制器发出告警信号，控制主机与备份机切换或关机。

(吴德伟)

Ezhi yibiao zhuolu xitong

俄制仪表着陆系统 (Russian instrument landing system) 为进场着陆飞机提供航向、下滑引导和距离信息的俄罗斯制式的无线电导航系统。由地面设备和机载设备组成。

地面设备 包括航向信标发射机、下滑信标发射机和测距应答器。①航向信标发射机。配置在次着陆方向的跑道中线延长线上，距跑道末端300～1 200米，工作频段为905.1～932.4兆赫，用于产生一个沿跑道中线延长线反着陆方向辐射的航向道信号，给进场着陆的飞机提供水平偏差的修正指示，作用距离为45千米。②下滑信标发射机。配置在跑道着陆端一侧，距跑道中线120～180米，距跑道着陆端200～400米，工作频段为939.6～966.9兆赫，用于产生一个与跑道平面成一定角度的下滑道信号，给进场着陆的飞机提供垂直偏差的修正指示，作用距离为18千米。③测距应答器。通常与航向信标发射机配置在同一位置，发射机工作频段为939.6～966.9兆赫，接收机工作频段为772～808兆赫，通过询问应答方式为着陆飞机提供距跑道着陆端的距离信息，作用距离为50千米。

航向信标发射机和下滑信标发射机均产生由1 300/2 100赫脉冲调制的射频信号，经射频输出电路馈送至天线，天线按照所要求的特定场型辐射无线电信号，在空间形成由1 300/2 100赫脉冲幅度差标志的航向道和下滑道及其偏差的引导信息。

机载设备 包括航向信标接收机、下滑信标接收机、测距询问器和控制、显示器。航向信标接收机、下滑信标接收机和测距询问器通常是与*俄制近程导航系统*的机载设备综合在一起的。机载设备接收到引导信息后，经处理通过显示器的双针指示器指示出偏差和应修正方向。当飞机位于航向道右侧时，1 300赫信号占优势，航向指针左指；当飞机位于航向道左侧时，2 100赫信号占优势，航向指针右指。当飞机位于下滑道上方时，1 300赫信号占优势，下滑指针下指；当飞机位于下滑道下方时，2 100赫信号占优势，下滑指针上指。飞行员按指示器指出的修正方向操纵飞机，即能沿预定的航向道和下滑道进场着陆。距离信息是通过测距询问器测距后从距离显示窗口直接读出。

俄制仪表着陆系统是20世纪70年代苏联研制成功的专门用于引导军用飞机的进场着陆系统。其设备体积小，机动性能好，对场地条件要求不高，机载设备与近程导航系统的机载设备综合为一体，系统整体效益高。缺点是通用性差。

(吴德伟)

leida yindao zhuolu xitong

雷达引导着陆系统 (ground controlled landing system) 为进场着陆飞机提供位置信息，利用地空通信设备引导飞机进场着陆的雷达导航系统。又称地面控制进场系统。由设置在跑道中部附近的机场监视雷达、*精密进场雷达*和地空通信设备等组成。有的还包括二次雷达和定向机。①机场监视雷达。通常是工作在10厘米波段的二坐标雷达，可探测以机场为中心、半径100～150千米、方位360°空域内的目标位置，并以平面位置显示器显示飞机的距离和方位，用来实施空中交通管制和飞机进场引导。与二次雷达或定向机配合工作，可用于飞机识别。②精密进场雷达。又称着陆雷达，是工作在3厘米波段的三坐标雷达。可在20°方位、9°仰角和20～40千米距离的空域内精确测定和显示目标的方位、仰角和距离信息，用于在机场区域探测进场着陆的飞机，测定其空中位置及偏离规定的进场航向道和下滑道的情况，引导飞机进场着陆。③地空通信设备。通常采用超短波电台，用于地面指挥员与空中飞行员之间通信联络。

雷达引导着陆系统工作时，地面指挥员利用机场监视雷达对本场空域飞机进行监视、进场引导和空中交通管制，顺序地将欲着陆的飞机引导到进场航道和精密进场雷达的探测区内。再根据精密进场雷达显示器上显示的目标位置和飞机偏离规定的进场航向道和下滑道标线的情况，通过地空通信设备向飞行员下达引导指令，飞行员按照引导指令操纵飞机进场，当下降至决断高度后，转入目视着陆。

雷达引导着陆系统能在垂直能见度60米、水平能见度800米的复杂气象条件下引导飞机进场着陆，其特点是：适应性强，对场地要求不严，机动性好，使用方便，不需另配专用机载设备，可引导各型飞机进场着陆。但采用地面引导方式时，飞行员在进场着陆阶段处于被动状态；设备复杂，成本较高；雨雪天气探测距离近。

(赵修斌)

jingmi jinchang leida

精密进场雷达 (precision approach radar) 引导飞机进场着陆的三坐标雷达。又称着陆雷达。*雷达引导着陆系统*的组成部分，亦可单独使用。用于不良能见度条件下引导飞机进场着陆。由雷达天线、发射机、接收机、显示器和地空通信电台等组成。工作在3厘米波段，探测范围为方位左右各10°、仰角−1°～+9°、距离20～40千米，通常配置在跑



精密进场雷达

道一侧、距跑道中线120米以上、雷达探测范围能覆盖飞机着陆地点的适当位置。航向天线和下滑天线辐射的电磁波束分别进行方位扫描和俯仰扫描，轮流探测飞机，测出飞机的方位角、仰角和距离信息，分别在方位显示器和仰角显示器上显示出目标的对应位置。着陆引导员将显示器上的目标位置与预定的飞机进场着陆的航向道、下滑道标线进行比较，通过地空通信电台指挥飞机保持或修正航向角、下滑角，引导飞机进场着陆。该设备采用地面引导方式，飞行员处于被动状态。由于其机上无需增加专用的配套设备，能对各类飞机进行着陆引导，因此仍在广泛使用。

（任德生）

zhuolu leida

着陆雷达 (landing radar)　见精密进场雷达。

feiji chafen GPS zhuolu xitong

飞机差分GPS着陆系统 (aircraft differential GPS landing system)　利用GPS导航定位、差分处理和数据传输技术精确测量飞机位置，解算和显示飞机相对于飞机进场路径的方位偏差、仰角偏差和距离信息，引导飞机进场着陆的导航系统。简称飞机DGPS着陆系统。

飞机差分GPS着陆系统由地面基准台(即本地差分台)和机载设备两部分组成。地面基准台包括GPS天线、多通道GPS接收机、数据处理计算机和数据发射机；机载设备包括GPS天线、多通道GPS接收机、数据接收机、导航计算机和控制显示器。地面基准台接收GPS卫星信息，经过处理解算得到基准台位置数据，与预先精确测量得到的基准台位置数据比较，将获得位置或伪距误差作为修正量，通过数据发射机不断传输给机载数据接收机；接收机把来自地面的信息和机载多通道GPS接收机收到的卫星信号进行综合处理后传输给导航计算机；计算机通过计算可修正或消除大部分GPS卫星钟误差、星历误差、选择可用性误差及大气延迟误差，同时将修正过的位置数据与预先存储的机场资料(跑道中心点坐标、跑道方位、长度、宽度、标高等数据）进行比对，解算出飞机相对进场路径的方位偏差、仰角偏差以及到着陆点的距离，将得出的信息显示在控制显示器上，指引飞行员操纵飞机进场着陆。

飞机差分GPS着陆系统按作用范围大小有局域和广域两种。局域差分GPS着陆系统只使用本地差分台，作用距离仅几十千米，服务范围有限；广域差分GPS着陆系统将差分基准台联网，把差分修正量和监控信息集中到主站，处理后由地球静止卫星向全球连续广播，GPS接收机同时接收导航和差分信息，因此更具高精度和连续工作的特点。但是GPS信息易受人为干预，存在用户使用安全的问题。一些国家正在进一步试验、验证。

（江　华）

weixing dohang xitong

卫星导航系统 (satellite navigation system)　以导航卫星为基准进行定位的无线电导航系统。具有全球、全天候、高精度、三维位置导航能力，能较好满足航空器、舰艇、车辆、单兵对导航定位的要求。但系统庞大、卫星使用寿命有限、造价高、易受干扰。

卫星导航系统按用户是否发射无线电信号，分为无源系统和有源系统；按卫星运行轨道高度的不同，分为近地轨道系统、中高度轨道系统和同步轨道系统；按工作区域的不同，分为全球覆盖系统和区域覆盖系统；按所测导航参数的不同，分为测距系统、测速系统(又称测距离变化率系统)等。

卫星导航系统由导航卫星、地球站和用户设备组成。①导航卫星。通常由若干颗卫星构成卫星网或卫星星座。接收、贮存由地球站发来的导航信号，再转发给用户；接收来自地球站的控制指令，向地球站发送卫星的遥测数据。在有源系统中，为实现询问应答测距，还要将用户的应答信号转发给地球站。②地球站。包括跟踪站(又称监测站)、遥测站、注入站、计算中心(又称主控站)和时间统一中心等。跟踪站用于跟踪和测定卫星的位置坐标；遥测站用于接收卫星发来的遥测数据，供地面监视、分析卫星上设备的工作状态；计算中心将卫星位置和遥测数据进行计算处理，确定传输给卫星的导航信息，由注入站向卫星发送，在有源系统中还要进行飞机位置计算；时间统一中心是向各地面站提供统一的时间标准，保证各地面站协调一致地工作。③用户设备。通常由接收机、信号处理器、计算机和控制显示器等组成。接收卫星的信号，从中获取卫星轨道参数，测得导航参数，计算机按规定数学模型解算出飞机位置的坐标、速度矢量和其他导航参数。在有源系统中，用户设备还包括发射机，通过卫星向地面控制中心发出响应。

美国于1958年提出并开始研制海军子午仪卫星导航系统，1964年投入使用。1973年，美国又开始研制GPS卫星全球定位系统，采用24颗卫星均匀配置在约20 000千米高的6个轨道上，其标准定位服务(用C/A码，启用SA)和精密定位服务(用P码)的精度分别约为100米和10米，90年代初已投入使用。俄罗斯联邦也建立了全球卫星导航系统，简称GLONASS。系统功能和组成与美国的GPS相似，其导航星座由分布在3个轨道上的24颗卫星组成。发展趋势是研制导航、通信、授时等多功能综合系统；将进一步减小用户设备的体积，提高可靠性、可维护性、降低造价等。

（张裕厚）

GPS weixing quanqiu dingwei xitong

GPS卫星全球定位系统 (navigation by satellite timing and ranging global positioning system)　可覆盖全球，连续提供高精度三维定位、测速和时间基准信息的美制星基无线电导航系统。英文缩写为

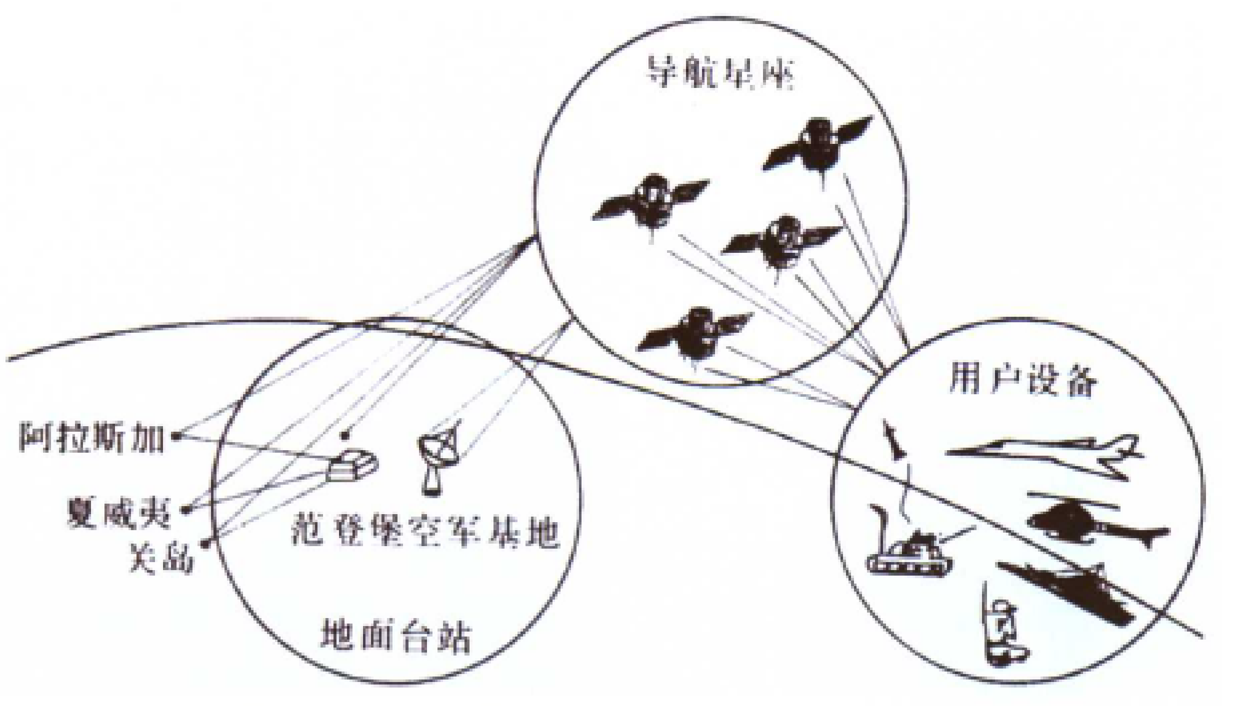
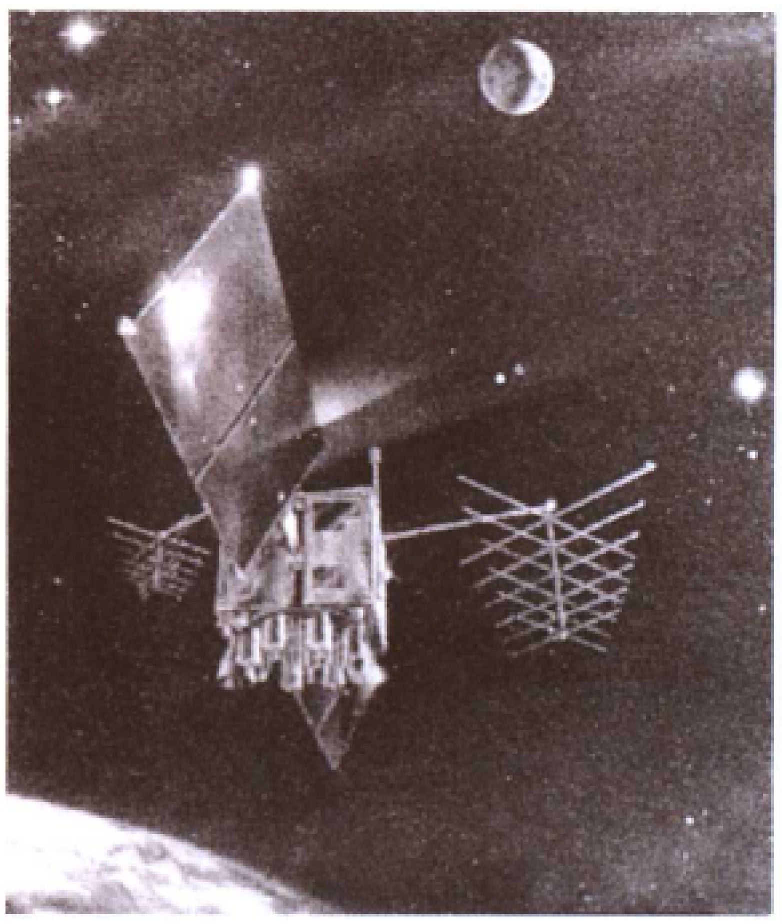


图 1 GPS 卫星全球定位系统组成示意图

NAVSTAR GPS，简称GPS。由空间导航星座、地面测控站组和用户接收设备3部分组成（图1）。空间导航星座由24颗卫星组成，均匀分布在6个轨道上，每轨道分布4颗卫星，轨道倾角为55°，轨道高度约为20 200千米。地面测控站组由主控站、注入站和监测站组成。GPS提供两种定位服务：C/A码标准定位服务（SPS）和P（Y）码精密定位服务（PPS）。SPS用于民用，通过选择可用性技术（SA），把SPS服务的测量精度下降到：水平位置

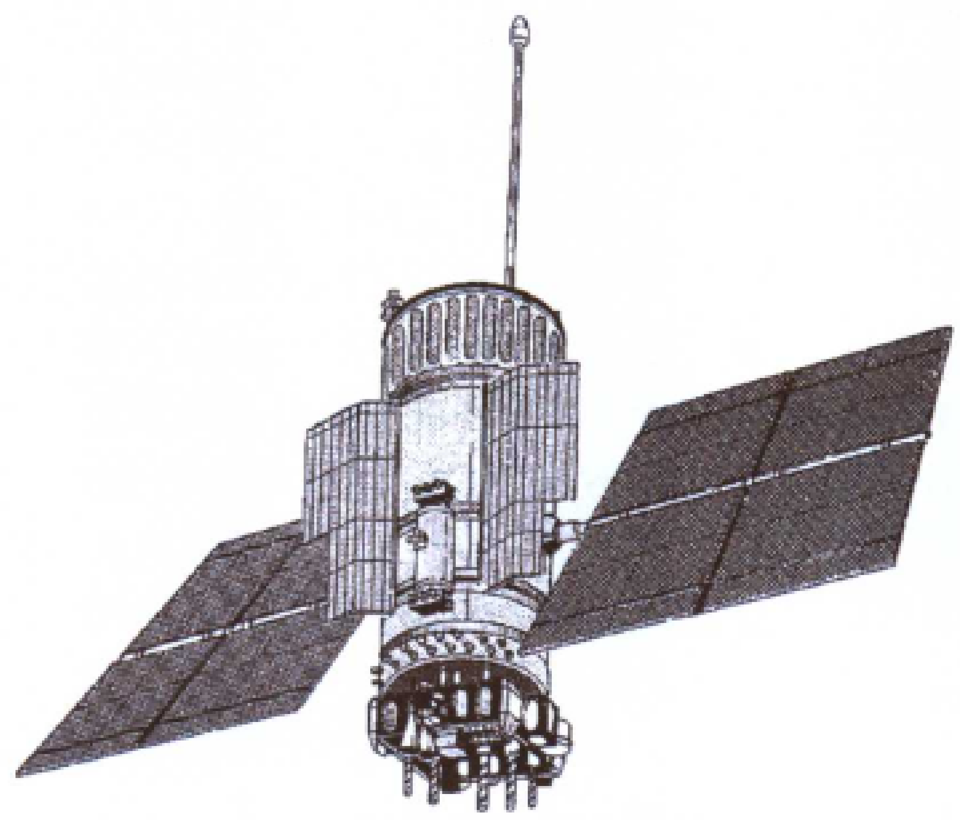

图 2 GPS IIR 型卫星

误差100米，垂直高度误差156米，测速误差0.3米/秒，授时误差340纳秒。GPS已广泛用于各类航空器，PPS用于美军方和特许用户（图2）。

（李晓明）

Ezhi quanqiu daohang weixing xitong

俄制全球导航卫星系统 （Russian global navigation satellite system） 可覆盖全球，连续提供高精度三维定位、测速及时间基准信息的俄制星基无线电导航系统。英文缩写为GLONASS。由苏联研制，俄罗斯联邦不断进行完善，功能和组成与GPS卫星全球定位系统相似。由导航星座、地面测控站组和用户设备组成。导航星座由24颗卫星组成，均匀分布在3个轨道上，每个轨道分布8颗卫星。轨道倾角为64.8°，轨道高度为18 840～19 940千米。地面测控站组由系统控制中心和指令跟踪站网络组成。系统有两种导航业务，一种


俄制全球导航卫星系统卫星示意图

为军用的高精度导航业务，另一种为民用标准精度导航业务。因未加可选择性（SA）措施，民用标准精度比美国全球星定位系统要高，水平位置误差50～70米，垂直高度误差75米，测速误差0.1～0.3米/秒；授时误差1微秒。

（李晓明）

Duopule daohang xitong

多普勒导航系统 （Doppler navigation system） 利用电磁波的多普勒效应，测量、解算飞机地速和偏流角，并推算飞机位置及其他导航参数的自备式导航系统。通常由多普勒导航雷达（见图）、航向姿态系统、导航计算机、控制显示器、真空速传感器等部件组成。按雷达发射机工作方式的不同，分为脉冲自相干、简单连续波、调频连续波和间断连续波等多种体制。按雷达天线与飞机的连接方式的不同，分为固定天线型和非固定天线型。通常采用各种连续波体制和固定天线。

多普勒导航雷达测量与飞机地速、偏流角相对应的多普勒频移信号。航向姿态系统提供飞机的航向、俯仰和倾斜信号。导航计算机根据这些信号解算出飞机的地速和偏流角，利用推测领航原理求得飞机位置及其他导航参数。在雷达丢失回波信号时则根据计算机"记忆"的数据，推算出近似的导航参数。真空速传感器提供飞机的真空速信号，供导航计算机计算风向、风速时使用。控制显示器显示各种导航参数，实施对系统的操纵和控制。

多普勒导航系统无需地面设备配合，近、中、远程导航均可使用，一般不受气象条件限制，测量的地速、偏流角平均值精度较高。但在飞机俯仰、倾斜过大或在沙漠、平静水面上空飞行时，雷达可能丢失回波信号；定位误差随飞行距离增大而积累，在海面上飞行时会产生海洋误差。

多普勒效应是奥地利物理学家J.多普勒于1842年发现的。1945年，人们开始利用雷达电磁波的多普勒效应测量地速。1955年，多普勒导航系统开始在军用飞机上使用。80年代，多普勒导航系统广泛采用大规模集成电路、固态发射源、印制天线、波瓣转换等技术，使体积、重量、功耗明显减小，可靠性显著提高，导航精度不断改善，减小、消除海洋误差的方法也有所改进。多普勒导航系统测量地速的均方误差小于测量值的0.2%，偏流角均方误差小于0.2°。


法国机载脉冲多普勒雷达

（李二希）

guanxing daohang xitong

惯性导航系统 (inertial navigation system) 利用惯性测量装置测量飞机的加速度和角位移(或角速度)，解算飞机速度、位置及其他导航参数的自备式导航系统。现代飞机主要导航设备之一。已广泛应用于其他武器装备。

特点 惯性导航系统无需地面设备配合，可在各种地形、气象条件、飞行高度和飞行姿态下使用；不辐射、不接收电磁波，隐蔽性好；能提供精确的飞机瞬时速度、实时位置、航向、姿态角及其他导航参数。定位圆概率误差约为1.11～1.85千米／时，瞬间速度均方误差约为0.6～1.2米／秒，航向、姿态角均方误差约为4～12分。高精度静电陀螺型的定位圆概率误差可小于0.18千米／时。但测量误差随飞行时间增加而积累，需要定时校正，设备制造工艺要求高，成本和维修费用昂贵，使用前需进行初始对准。

组成 通常由惯性测量装置、计算机、控制显示器、状态选择器等部件组成。惯性测量装置由陀螺、加速度计等敏感元件构成，用于测量飞机加速度和角位移(或角速度)。加速度信息经计算机解算得出飞机速度和位置信息；角位移(或角速度)信息直接从角度传感器输出，或经计算机处理后输出，得出飞机航向和姿态角信息。计算机还同时解算其他导航参数，向控制显示器和有关机载设备输出所需信息。控制显示器用于显示各种导航参数，实施对系统的操纵和控制。状态选择器用于选择系统工作状态。系统从接通电源到转入导航工作状态前，需进行初始对准，包括水平对准和方位对准，以确定系统的初始条件。初始对准的精度和所用时间直接影响系统的导航精度和准备时间。

分类 按惯性敏感元件在飞机上的安装方式，分为平台式惯性导航系统和捷联式惯性导航系统。平台式惯性导航系统的惯性敏感元件安装在由框架、电子线路、力矩电机等组成的惯性平台上。平台由包括陀螺在内的伺服回路稳定，使加速度计敏感轴方向不随飞机姿态变化，测量精度较高，但平台结构复杂，成本较高，不便于维护。捷联式惯性导航系统的惯性敏感元件通过机架直接与飞机机体连接，不用惯性平台，使结构简化，体积重量减小，成本有所降低。但其加速度计敏感轴方向随飞机姿态变化，需由计算机进行坐标转换，对计算机速度、容量要求较高；惯性敏感元件直接受飞机振动、冲击的影响，要求陀螺具有很宽的动态测量范围和较高可靠性。

按采用陀螺类型，分为液浮、挠性、激光和静电陀螺型惯性导航系统等。液浮陀螺型惯性导航系统精度较高，但结构和工艺较复杂，体积较大，重量较重，不便于维护；挠性陀螺型惯性导航系统结构较液浮陀螺型简单，体积较小，重量较轻，可靠性较高，精度中等，可满足一般使用需要；激光陀螺型惯性导航系统陀螺动态测量范围宽，可靠性较高，一般采用捷联式结构，体积较小，重量较轻，成本较低，所需初始对准时间较短，精度与挠性陀螺相近；静电陀螺型惯性导航系统精度很高，但结构复杂、加工工艺难度大、成本高、维修较困难。

简史 惯性导航的理论基础是英国物理学家牛顿于17世纪确立的力学第二定律。1942年，德国在V-2导弹上首次使用简易惯性制导装置。50年代中期，美国研制的惯性导航系统实验样机在飞机上试飞成功，60年代开始实际应用。最初为液浮陀螺型，后出现挠性陀螺型。70年代以来，激光陀螺型和静电陀螺型相继问世，捷联式惯性导航系统开始用于飞机，出现多种类型竞相发展局面。由于惯性导航系统能提供精确的火控计算所需信息，使其在航空器中的应用受到世界各国的普遍重视。

发展趋势 惯性导航系统中，激光陀螺型的捷联式惯性导航系统将有较快发展，精度会有所提高。高性能静电陀螺型惯性导航系统也将少量装备对精度要求很高的机种。捷联式惯性导航系统与全球定位系统的组合得到大量应用，光纤陀螺、半球谐振子陀螺和核磁共振陀螺技术的应用，将进一步促进飞机导航系统的发展。 (李二希)

tianwen daohang shebei

天文导航设备 (celestial navigation equipment) 通过测量天体与飞机相关位置确定飞机航向和位置的自备式导航设备。通常需要与导航星图、天文年历、天体方位高度表等图册历表配合使用。主要包括天文罗盘、六分仪、天体自动跟踪器等。

天文罗盘通过测量天体的方位，解算并指示飞机的航向；六分仪分为手提式和潜望式两类，利用飞机地平仪或其他装置建立水平基准，通过测量2个或3个天体的高度角，确定飞机位置；天体自动跟踪器装在用于建立水平基准的惯性平台上，能自动搜索、识别和跟踪天体，通过测量2个或3个天体的方位和高度角，确定飞机的航向和位置。为提高自动化程度，还可将天体自动跟踪器、惯性平台、计算机和标准时间发生器等组成天文导航系统，自动完成测量天体方位、高度角及解算飞机航向、位置的任务。

天文导航设备不需地面设备配合，可在地球上任何地区使用；隐蔽性好，不受电磁干扰；测量误差不随飞行时间增长而积累。但在昼间、云中、云下或能见度较差时，使用受到限制。主要用于组合导航系统中对其他导航分系统进行校准或补偿，也可单独用于测量飞机航向或确定飞机位置。

古代人们曾通过观测日月星辰进行航海，18世纪30～60年代，用于航海的六分仪和精密计时仪相继问世。天文导航设备是在天文航海设备的基础上发展起来的。20世纪60年代以前，主要使用六分仪和天文罗盘，自动化程度较低，精度不高。60年代以后，逐步被天体自动跟踪器取代，开始在组合导航系统中得到较多的应用，以同惯性导航系统的组合最常见。随着电荷耦合器件、图像匹配器件、固态敏感器件、高性能计算机等先进技术在天文导航设备中的应用，将进一步推动天文导航设备的发展。 (李二希)

mushi daohang shebei

目视导航设备 (visual navigation equipment) 以目视标志或信号引导飞机飞向目标、归航、进场和着陆的导航设备。包括烟火器材、布板器材和灯光设备。烟火器材是用烟和火标志目标位置的器材，包括发烟器材、信号弹、燃烧剂等。布板器材是用布板标志目标位置和指示飞行方向的器材，通常选用红、白、黑等颜色的布板，以规定的铺设图形表示不同含义，用于标志目标位置和指示飞机飞行方向。灯光设备包括机场灯光设备和直升机起降场、空投场、空降场、轰炸靶场等灯光设备。机场灯光设备由机场灯标、进场灯、跑道灯、滑行道灯和

目视进场下滑道指示灯等组成，以灯光颜色、灯光构形或闪烁特征发送信息，引导飞机进场着陆；直升机起降场、空投场、空降场、轰炸靶场等灯光设备包括周边灯和位置灯、着陆方向灯等，通常为白色灯光，用于夜间标志位置，指示方向。

（郭恒谋）

dengguang daohang shebei

灯光导航设备 (light navigation equipment) 以灯光标志机场位置、场道边界、进场方向、障碍物等，引导飞机进场着陆和滑行的导航设备。包括机场灯光设备、直升机起降场灯光设备、着陆探照灯和障碍灯等。

机场灯光设备由机场灯标、进场灯、跑道灯、滑行道灯、目视进场下滑道指示灯和“T”字灯等组成，以灯光颜色、灯光构形或闪烁特征发送信息，引导飞机进场着陆。①机场灯标。配置在机场附近视野开阔的地方，用于夜间或复杂气象识别机场，标志机场位置。②进场灯。配置在跑道端以外1 000米以内，通常为白色或红色灯光，标志进场航道，向飞机提供高度、坡度判断和地平线基准，为飞机提供跑道识别和进场引导。③跑道灯。包括跑道边界灯、跑道中线灯、跑道进入端灯、跑道末端灯和跑道接地地带灯，分别配置在跑道边界以外、跑道中线上、跑道入口处、跑道末端、跑道入口以内900米的跑道中线的两侧，用于标志跑道边界线、跑道中心线、跑道着陆端入口、跑道尽头和飞机在跑道上的接地地带。跑道边界灯为黄色和白色灯光，跑道中线灯为红、白色灯光，跑道进入端灯为绿色灯光，跑道末端灯为红色灯光，跑道接地地带灯为白色灯光。④滑行道灯。包括滑行道边界灯和滑行道中线灯，分别为蓝色和绿色灯光，配置在滑行道边界以外和滑行道的中心线上，用于标志滑行道边界线和中心线。⑤目视进场下滑道指示灯。配置在跑道左侧或左、右两侧，向空中发射红、白色光束，用于指示进场下滑道。⑥“T”字灯。灯光为白色或绿色，配置在跑道着陆方向左侧，用于标志飞机着陆方向和着陆地点（见图）。



“T” 字灯

直升机起降场灯光设备包括周边灯、着陆方向灯、进场指向灯、起降坪灯。周边灯沿直升机起降场的周边配置，用于标志起降场的边界。着陆方向灯沿直升机起降场的中心延长线配置，用于标志或指示直升机进入起降场着陆方向。进场指向灯沿着陆方向灯的延长线两侧配置，用于标志进场方向，引导直升机对准规定的进场航道。起落坪灯配置在起降场内，供直升机飞行员判断起降高度，引导直升机准确地降落在起降场内。

着陆探照灯设置在跑道一侧，用于夜间或复杂气象条件下飞机进场着陆时，照明飞机的拉平和接地地带，保障飞行员目视着陆。

障碍灯装在飞行区域内障碍物的制高点上，高度在50米以下的障碍物装一只红灯，超过50米的障碍物装一串红灯，用于标志障碍物的存在。

（赵虎扣）

zuhe daohang xitong

组合导航系统 (integrated navigation system) 将两种或两种以上导航设备通过计算机进行优化组合而形成的导航系统。具有导航精度高，工作可靠性强的特点。通常以惯性导航系统为主体。较好的组合方式有：惯性—多普勒组合导航系统、惯性—天文组合导航系统、惯性—卫星组合导航系统、惯性—多普勒—罗兰(或奥米加或天文)组合导航系统等。此外，某些不包括惯性导航系统的组合导航系统，如卫星—罗兰-C组合导航系统等，也可取得较好的效果。在以惯性导航系统为主体的组合导航系统中，惯性导航系统向多普勒、天文或卫星导航系统提供精确的飞机航向、水平基准、瞬时速度或飞机位置等信息，改善各种导航系统的性能。天文、卫星、罗兰或奥米加等导航系统则向惯性导航系统提供无时间积累误差的飞机位置信息（多普勒导航系统提供精确的飞机平均速度信息）。利用这些信息可估算惯性导航系统的陀螺漂移量，减小惯性平台的姿态误差，提高测量精度；还可对惯性导航系统进行空中对准，减小其积累误差，或缩短初始对准时间。通常采用卡尔曼滤波技术将各系统提供的导航信息进行优化组合。卡尔曼滤波技术以各导航系统的误差统计和系统特性为基础，运用矩阵理论、随机过程理论和控制理论，通过高速度、大容量计算机对各导航系统提供的信息进行分析处理，获得每一瞬间的最佳估计值，使组合导航系统的精度高于各单一导航系统的精度。

组合导航系统从20世纪60年代初开始出现，随惯性导航、机载计算机和卡尔曼滤波技术的迅速发展而得到广泛应用。80年代，捷联式惯性导航系统与多普勒导航系统的组合得到较快发展。组合导航系统的主要发展方向是将捷联式惯性导航系统与GPS卫星全球定位系统组合，可显著提高惯性导航系统精度，弥补全球定位系统在飞机作剧烈机动时性能降低的缺陷。

（李二希）

quyu daohang

区域导航 (area navigation) 利用飞机采集的各种导航信息，实现灵活建立航线并引导飞机按预定航线飞行的导航技术。通过计算机将导航传感器测得的飞机当前位置与预定的航线参数进行对比，给出飞机到达预定航路点距离、待飞时间和偏航距离值，显示在飞行员座舱的控制显示器上。也可与自动驾驶仪交联，控制飞机沿预定航线飞行。具有三维、四维功能的区域导航，还具备提供高度偏差、高度变化率和时间基准的功能。全向信标/DME、塔康、罗兰、奥米加和惯性导航、多普勒雷达和无线电高度表等机载导航设备与计算机配合使用，均可实现区域导航。区域导航对导航设备综合利用，简化机上操作程序，节省航程和燃料，提高空域利用率等有明显作

用。国际上规定的区域导航精度，航路为±4.63千米(2.5海里)，终端区为±2.78千米(1.5海里)。（印福章）

daohang taizhan jianyan

导航台站检验 (technical inspection of navigation station) 对导航台站提供的导航信息进行检查、测试和评定的活动。目的是确定导航台站是否符合规定的允许公差和能否安全可靠地工作。包括地面检测和飞行检验。①地面检测。由经过训练的专业人员，采用测量和模拟设备，在导航台站和台站以外的适当地点对台站设备所进行的检查和测试，用于评定台站设备本身的工作性能。分为服役检测、定期检测和特殊检测3种基本类型。服役检测是对新建导航台站服役前的检测，以全面检验其性能是否达到规定的技术指标；定期检测是按照不同检测项目及其检测周期而进行的地面检测，以掌握现役导航台站性能是否保持规定的技术指标；特殊检测是当设备更换主要部件，更改工作频率，设备性能发生异常变化，发生涉及导航台站工作状况的飞行事故以及设备飞行检验之前的检测，以检验导航台站设备的实际性能。②飞行检验。使用导航检验飞机在空中由经过专门训练的飞行检验人员对导航台站进行检验。在导航台站的导航范围内，对导航信息进行采样，是检验导航台站设备性能的最终方法。分为场地鉴定、服役检验、定期检验和特殊检验4种基本类型。场地鉴定是为确定某一永久性导航台站预选场地的适应性进行的飞行检验；服役检验是导航台站投入使用前为获得有关工作性能指标的全部数据，确定其能否满足使用要求进行的飞行检验；定期检验是按照对不同台站设备规定的检验周期，为确定台站设备工作性能是否符合服役的性能要求必须进行的飞行检验；特殊检验是为特殊目的或由于特殊情况（如发生飞行事故、设备变动和因故停工后恢复工作等）需要确定台站设备工作性能专门进行的飞行检验。（李 伟）

daohang taizhan feixing jianyan xitong

导航台站飞行检验系统 (flight inspection system of navigation station) 用于对导航台站进行飞行检验的飞行检验基准、机载飞行检验设备、标准计量设备以及装载检验设备的飞机等的总称。可对各种导航台站设备进行飞行检验，提供检验数据，供检验人员对被检导航台站设备的工作状态作出评定。导航台站飞行检验系统的总检验精度通常应高于被检验导航台站设备导航精度的3倍以上。

飞行检验基准通常采用无线电经纬仪、红外跟踪仪、惯性导航装置以及差分GPS定位仪等，可为飞行检验提供高精度的基准信息，用以计算被检验的导航台站的导航误差。机载飞行检验设备由标准的导航信息传感设备，导航信息监视、测量、记录、计算设备以及机载通信设备等组成。按照各种被检验导航台站的飞行检验程序，将连续接收的被检验导航台站的导航信息与基准信息相比较，经过统计计算获得导航误差。标准计量设备用于检测和校验机载飞行检验系统，使其达到规定精度。装载检验设备的飞机通常采用能满足导航台站飞行检验要求的中、小型运输机。（李 伟）

daohang wucha

导航误差 (navigation error) 导航参数与真值的差值。导航准确度的量度。产生的因素有：设备性能不完善，大气噪声干扰，温度、地形、地物和电磁波传播条件的变化等环境条件，测量方法不够完善或依据理论的近似性等。分为系统误差和随机误差两类。①系统误差。测量某一导航参量时，误差量和分布状态按一定规律重复出现。通常误差产生的原因有一定必然性，可用修正的办法进行补偿。②随机误差。测量过程中，因大量不能精确预计的并在各次测量中起不同作用的因素所引起。误差量和分布状态是随机变化的，服从统计规律，大气噪声、接收机噪声和电磁波传播不规则的变化等都是引起随机误差的原因。通常用均方差、圆概率误差和2倍径向均方差表示。如果误差是一维的并且为正态分布时，通常用均方根差（rms）σ来描述其大小；误差落在$\pm\sigma$以内的概率为68.27%，落在$\pm 2\sigma$以内的概率为95.45%，落在3σ以内的概率为99.73%。如果随机误差是二维的、且在互相垂直的两个轴（X、Y轴）上均为正态分布时，通常用圆概率误差(CEP)和2倍径向均方差（2drms）来描述其大小。圆概率误差（CEP）的意义是：以真实位置为中心、测量值与真实位置之间距离小于圆概率误差的概率为50%。2倍径向均方差的物理概念是：在进行很多次测量时，如果测量值的散布符合平面的正态分布规律，则表示测量值的随机值与真值之间的距离（即径向误差）小于2倍径向均方差的概率至少为95%。（任 军）

空军指挥自动化技术

kongjun zhihui zidonghua jishu

空军指挥自动化技术 (air force command automation technology) 直接应用于空军指挥自动化系统开发、支撑和应用技术的总称。空军技术的组成部分。主要包括系统开发技术、系统支撑技术、系统应用技术等。

系统开发技术 从系统总体上研究空军指挥自动化系统研制开发的技术。主要包括系统分析、系统设计、软件开发、系统集成、质量控制等技术。①系统分析技术。系统开发的基础。应用系统建模与系统仿真等技术，对空军及其所属待开发指挥自动化系统的功能、战术技术指标，技术先进性和可行性，系统可靠性、可维修性、安全性、电磁兼容性、环境适应性以及系统的性能价格比、工程风险等进行定量和定性的论证分析，为系统设计方案的拟制、选择和优化提供依据。②系统设计技术。在系统分析的基础上，完成系统设计方案。采用结构化设计方法，进行系统分解和指标分配；对系统的结构、功能、工作方式和信息流程等给出逻辑描述，确定系统的逻辑配置方案，建立系统的逻辑模型；对系统的层次结构、设备选型、软件方案、信息关系、接口标准等做出详细的技术描述；将系统的逻辑模型转化为物理模型，提出系统总体设计方案与工程实施计划，为系统的硬软件研制、采购和系统集成提供技术依据。③软件开发技术。主要是空军作战应用软件的开发。包括软件建模、软件设计、软件编程、软件调试、软件测试和软件维护等几个阶段。标准化、通用化、模块化是应用软件开发

的基本要求。渐进获取法、快速原型法和仿真试验法等是应用软件开发的有效途径。④系统集成技术。综合运用先进的技术手段与工程管理方法，合理使用硬件、软件、信息、经费等资源，依次进行设备集成、软件集成、信息集成和应用集成，最终为系统用户提供满足作战使用要求的实用系统。⑤质量控制技术。在系统开发过程中，建立有效的质量保证体系并采取符合标准化要求的质量管理措施，通过方案评审、设备与软件验收、场外考核、现场考核与部队试用、检验验收等环节，确保系统的功能与战术技术指标等满足用户使用要求。

系统支撑技术 为实现空军指挥自动化系统的各项功能与战术技术指标提供支撑的基本技术。主要包括信息收集、信息传递、信息处理、人机交互等技术。①信息收集技术。从信息源获得空军指挥自动化系统所需信息的技术。主要包括数据采集与信息提取技术。前者利用传感器从信息源获取数据，主要包括雷达技术、技术侦察技术、光电技术、无源探测技术、定位技术等；后者利用计算机和数据处理算法，从已获取的数据中提取出有用信息。②信息传递技术。使空军指挥自动化系统所需要的各种信息得到实时、稳定、可靠和安全传输的技术。主要包括有线通信技术、无线通信技术、光通信技术、卫星通信技术、移动通信技术、计算机通信网络技术以及地空、空空数据链路技术等。③信息处理技术。以计算机和相应软件为主要工具，对空军指挥自动化系统所获取的信息进行加工处理的技术。主要包括初级和高级处理。前者包括雷达情报综合处理和雷达、技术侦察、航空管制、气象、电子对抗等多源信息的融合处理；后者包括作战辅助决策（威胁估计、兵力分配、空地协同、作战计划生成与作战方案评估等）、作战指挥控制（航空兵指挥引导，地空导弹兵、高射炮兵和电子对抗兵指挥控制等），以及作战信息服务（作战信息管理、作战文电处理等），为指挥员进行指挥决策提供所需要的战场态势、作战计划方案与信息服务等。④人机交互技术。采用友好的人机界面实现指挥人员与空军指挥自动化系统之间进行有效信息交流的技术。主要包括人机界面设计技术，管面、平板、投影等信息显示技术，人工干预命令接收处理技术，文字、图像与语音处理技术，人机工程技术等。

系统应用技术 保障空军指挥自动化系统在作战应用过程中可靠、安全、高效运行的实用技术。主要包括系统操作、系统保障、系统管理和系统防护等技术。①系统操作技术。战勤人员必备的系统使用和操作技术。通过模拟训练和实战演习，达到战术与技术的紧密结合、人员与系统的密切结合，最大限度地发挥系统的作战指挥效能。②系统保障技术。技术保障人员必备的系统维护和维修技术。通过日常维护和及时维修，保持系统的基本功能和战术技术性能处于规定的完好状态。③系统管理技术。管理人员必备的技术管理和使用管理等技术。前者主要包括设备管理、软件管理和信息管理等技术；后者主要包括操作管理和维修管理等技术。④系统防护技术。综合利用各种防护措施保护空军指挥自动化系统免遭敌方破坏和环境侵扰的技术。包括实体防护和信息防护技术。前者主要是对空军指挥自动化系统指挥控制中心、通信网和情报源采取的抗摧毁、抗干扰、伪装等技术措施；后者主要是对己方收集、传递、处理与存储的各类作战信息进行安全防护（防病毒、防"黑客"、防窃密等）与保密管理等技术。

随着航空、航天兵器的飞速发展，描述人—机—环境关系的指挥自动化系统理论和指挥自动化技术的不断完善与成熟，空军指挥自动化系统将由地基系统向空基系统、天基系统发展，其体系结构和开发、支撑、应用技术也将向一体化、栅格化、综合化和智能化方向发展。

（田一平）

kongjun zhihui zidonghua xitong

空军指挥自动化系统 (air force command automation system) 建立在计算机技术、信息技术和系统工程方法基础上的，对空军指挥所需信息的收集、储存、传递和处理具有自动化功能的系统。能够把指挥、控制、通信、情报等有机地结合在一起，提高空军指挥效能。

分类 通常根据军队体制、作战编成和指挥配系构成，由战略、战役级指挥自动化系统和空军各兵种战术级指挥自动化系统组成。战略、战役级指挥自动化系统通常包括空军、军区空军和作战方向空军指挥自动化系统。战术级指挥自动化系统包括*航空兵指挥自动化系统*、*地空导弹兵指挥自动化系统*、*高射炮兵指挥自动化系统*、*空军电子对抗兵指挥自动化系统*、*空军雷达情报自动化系统*等（图1）。空军指挥自动化系统主要任务是：建立并监视全国空疆范围内的空情态势，组织跨区作战行动和检查部队战

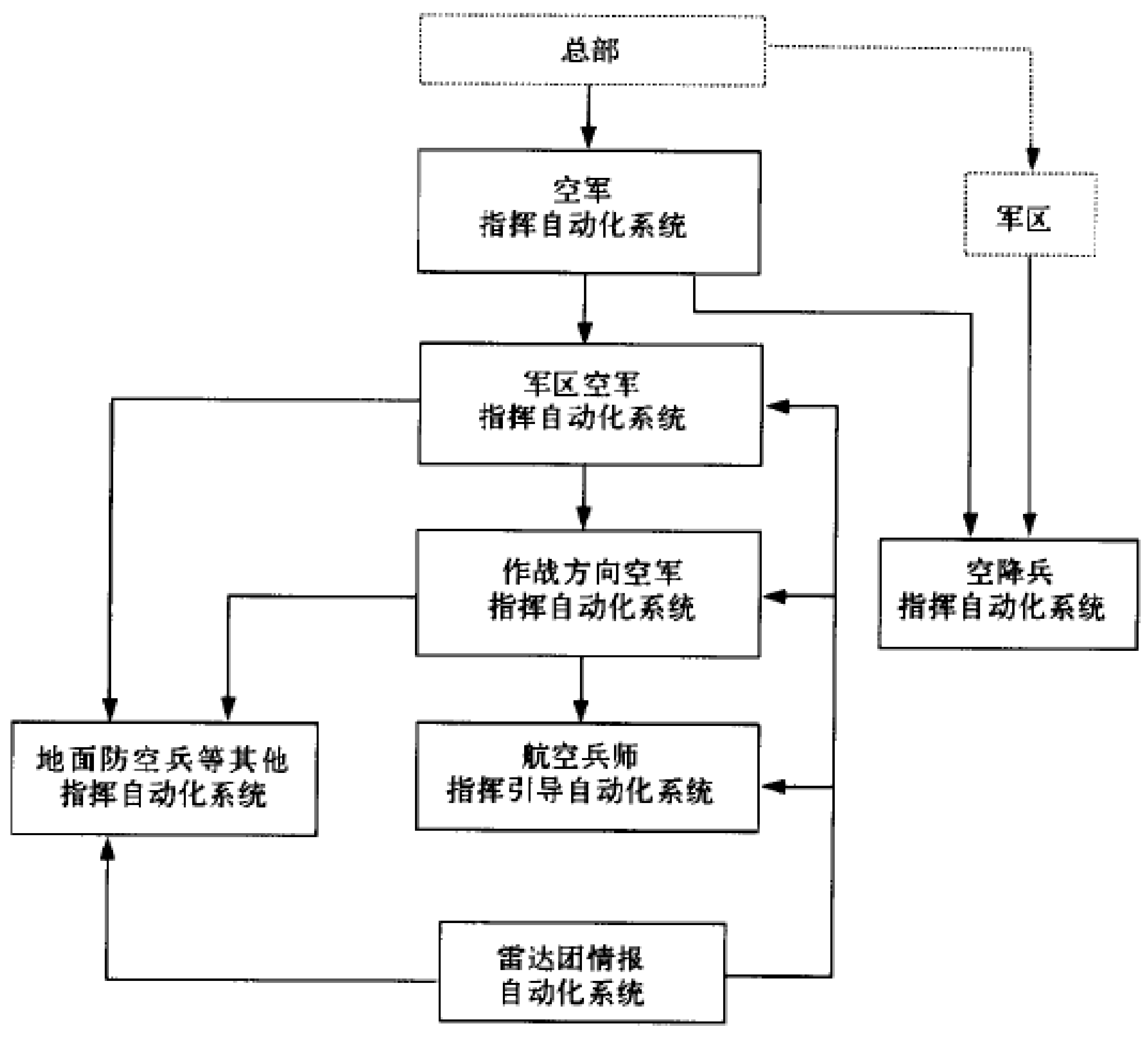


图1 空军指挥自动化系统指挥层次方框图

备情况以及任务执行情况。军区空军和作战方向空军指挥自动化系统主要任务是：负责本区和作战方向空军责任区范围内空中目标探测、识别与综合，进行威胁估计、下达命令，分配作战兵力及组织空中、地面防空兵力协同作战等。必要时直接实施引导己方飞机进攻、防空作战。航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵等兵种指挥自动化系统主要任务是：负责责任区对空警戒，掌握和上报空情情报，引导己方作战飞机进攻作战和防空作战，指挥控制地面防空兵力兵器进行防空作战。空降兵指挥自动化系统主要任务是：负责指挥控制应急部署、空降增援、敌后破袭和完成特殊作战指挥保障任务。

空军指挥自动化系统除按上述指挥等级和兵种性质进行分类外，还可按机动性能分为地下、地面固定式指挥自动化系统，地面机动式指挥自动化系统，空中机载指挥自动化系统等；按业务性质可分为空军作战指挥自动化系统，空军政治、后勤、装备自动化系统以及空军情报、通信、航空管制和气象等业务系统自动化系统等。

组成与功能 空军指挥自动化系统通常由信息收集、信息传输、信息处理、信息显示、指挥控制和执行等分系统组成（图2)。

信息收集分系统 由地面、空中、空间等探测预警、情报侦察等设备组成，用于实时收集空中与空间情报、技术侦察情报、气象信息以及航空管制信息等。空军指挥自动化系统远程探测预警需要配接的装备或系统主要有大型三坐标雷达、远程相控阵雷达以及预警卫星系统等；低空探测预警装备主要有预警机、气球载雷达以及高性能超低空雷达等；探测预警隐形飞行器装备主要有散射雷达、多基地雷达等；抗干扰探测预警装备主要有无源雷达以及高性能抗干扰三坐标雷达等。

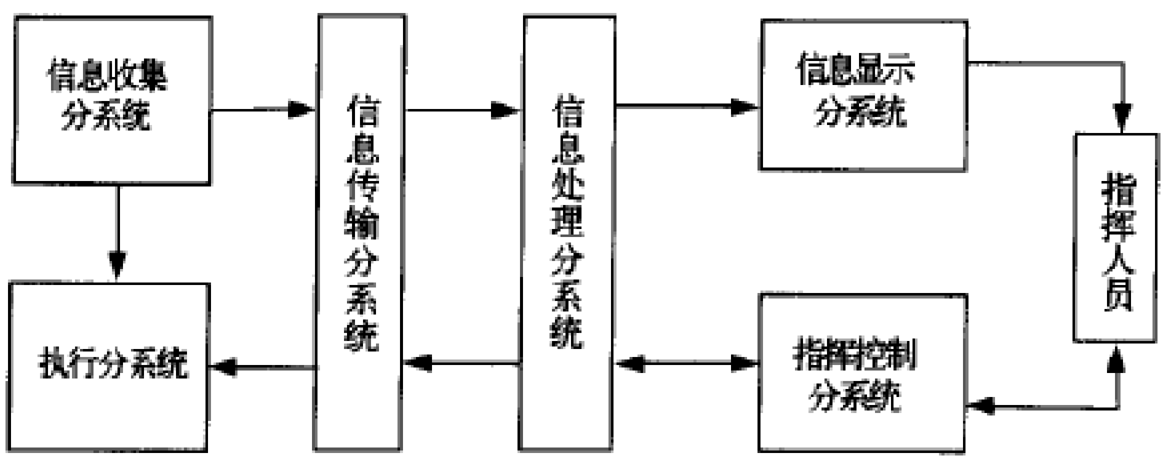


图2 空军指挥自动化系统组成方框图

信息传输分系统 主要由信道终端设备、交换设备等组成。信道终端设备主要有有线电载波、光通信、无线电电台、微波接力、散射、卫星信道终端设备等；交换设备主要有数据交换机、程控电话交换机等。以上设备组成空军地面、地空、空空等多种功能的公用或专用通信网络，用于指挥机构与信息源、作战部队（兵器)，作战飞机之间、各级指挥机构之间、作战部队之间、指挥机构内部各值班岗位之间迅速、准确、保密、不间断地传输各种信息。

信息处理分系统 由计算机、网络设备、相应的软件及辅助设备等组成，用于对获取的各种信息数据自动进行实时处理，包括对信息进行识别、分类、融合、存储、计算、分析、判断、检索等。

信息显示分系统 由各种输出可视信息的设备组成。显示设备通常有供单人使用的管面显示器和供指挥人员共同使用的大屏幕显示器两种。其功能是把信息处理分系统输出的各种信息，包括空中敌我态势、军事情报、兵力部署、作战资料图表、作战方案、指挥控制命令和执行情况等，用文字、符号、表格、图形、图像等多种形式，协调地显示在各种屏幕上。

指挥控制分系统 由指挥员、参谋指挥工作台（包括监视器、键盘、打印机、多功能电话机、对空台接口、记录装置等)、制导装置、专用接口设备和遥控设备组成，用于实现人机交互，保障指挥人员对部队实施指挥或对兵器实施控制（如作战飞机、地空导弹、高射炮等)，并监视其执行。

执行分系统 可以是作战部队的指挥自动化系统，也可以是自动执行指令的兵器装置。命令执行的情况和兵器打击效果反馈到信息收集分系统。

空军指挥自动化系统的主要功能是：收集空情和其他情报数据；综合空情数据，建立空情态势；辅助指挥人员识别目标性质，判定威胁等级，计算优选作战方案，分配作战兵力；为指挥员决策指挥提供科学依据，生成作战预案、作战行动计划等；为地空导弹和高射炮部队指示、分配打击目标，进行战术武器射击诸元的计算；为作战飞机实施引导解算，通过地空数据链直接将引导指令传送给飞行员或机上控制仪表；实施空中交通管制；进行战况记录、重演，供战勤人员开展模拟训练等。

要求 对空军指挥自动化系统的要求是：①系统性好。系统建设要综合配套，整体性强，保证空军各级各类指挥自动化系统之间互连、互通、互操作，信息资源共享。②实时性强。在对方空中行动对己方构成威胁前即作出反应，一般以分钟计算。③可靠性高。保证系统常年全时不间断运行。④安全性好。电磁兼容性能好，可防止信息被窃、电磁泄露，具有抗击对方电子干扰和网络信息进攻能力。⑤生存能力强。指挥控制中心、指挥所和重要信息源、通信枢纽建在隐蔽而坚固的工事中，并另备机动式或备用设施、系统，通信有复线能迂回。⑥可扩性好。便于扩充新的战术功能和增加新的分系统、设备。⑦人机界面友好。系统人机界面直观、易学、操作方便。⑧性能价格比高。以最小投资获得最大军事效益。

简史 空军是最早装备使用指挥自动化系统的军种。第二次世界大战中，英国为抵御德国空军的大规模袭击，曾用雷达加电话、电报来报告空情，指挥员根据空情制定出作战方案，下令飞机起飞迎击。战后，随着武器种类日益增多，性能不断提高，特别是导弹、核武器的出现，作战指挥变得愈来愈复杂，靠简单的指挥设备已无法满足作战需求。美国空军于20世纪60年代初建立了“赛其”半自动化地面防空系统，60年代中期建立了备用控制拦截系统，即“贝克”系统，70年代后期陆续装备了地面战术机动式指挥自动化系统和空中指挥所飞机。空中指挥所飞机主要有：全球空中国家指挥所飞机(E−4)、战略空军空中指挥所飞机（EC−135)、战术空军空中指挥所飞机(EC−130)、预警机(E−3)以及用于陆空协同指挥的空中联合监视目标与攻击雷达系统（E−8）等。80年代中期建立了防空防天、平时战时、军用民用相结合的防空防天指挥自动化系统，即联合监视系统，90年代后期又对其进行了改造。苏联于50

年代初开始研制，50年代末装备了“天空一号”防空自动化系统，60年代又进行了改型，称“天空二号”。俄罗斯联邦的地面战术机动式指挥自动化系统，品种比较齐全，在与武器系统交链等方面很有特色，如航空兵指挥自动化系统、地空导弹兵指挥自动化系统、雷达情报自动化系统等。日本于20世纪50年代中期开始酝酿，60年代初由美国休斯公司帮助建立了防空预警指挥控制系统即“巴其”系统，60年代末投入使用，为增强系统低空预警能力和数据实时传输能力，80年代初又进行了的改造，称“新巴其”系统。美国、英国等国家空军指挥自动化系统的指挥层次一般为两级或三级，即全国指挥中心、地区指挥控制中心和作战控制中心。逐步向减少作战指挥机构设置层次，加强联合作战指挥发展。有的国家空军的航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵等兵种部队不再单独建立指挥机构和指挥自动化系统。中国人民解放军空军于50年代末开始研制指挥自动化系统，先后研制了战略、战役、战术级，涵盖诸兵种的地面固定式指挥自动化系统基本型号。此外，还研制了地面机动式航空兵、地空导弹兵和雷达兵等战术级指挥自动化系统。

发展趋势 实现预警探测、情报侦察、指挥控制、通信导航、电子对抗等功能的一体化；系统平台由地面、地下向空中、空间发展，实现空天地一体化；空中、地面战术指挥自动化系统将得到更快发展，实现指挥自动化系统与武器系统更有效交链；指挥自动化体系结构向网络化发展；系统功能向综合化、智能化发展；信息对抗将成为指挥自动化系统之间的主要对抗形式。 （赵滨江）

kongjun zhanlüe zhanyiji zhihui zidonghua xitong

空军战略战役级指挥自动化系统 (air force command automation system on strategic and operalional level) 在空军战略、战役级指挥机构中，综合运用以计算机为核心的各种技术设备，实现空军作战指挥和各类情报信息收集、传递、处理、显示自动化，保障指挥员对部队和武器系统实施指挥与控制的人机系统。空军指挥自动化系统的重要组成部分。通常包括空军级、军区空军级和空军作战方向的指挥自动化系统。

空军级指挥自动化系统属战略级指挥自动化系统，对上联接总部指挥自动化系统，与其他军兵种、人民防空指挥自动化系统互通，对下联接军区空军和重点作战方向的指挥自动化系统。可用于独立组织空军所属部队作战或与其他军兵种协同作战。在系统功能上，主要收集、处理并综合全国空情态势，实时向指挥员提供各类作战情报，辅助指挥员决策、指挥军区空军战役行动和组织跨区作战行动。

军区空军级指挥自动化系统属战役级指挥自动化系统，对上联接空军和军区指挥自动化系统，对下联接作战方向空军指挥自动化系统和所属兵种战术级指挥自动化系统。在系统功能上，除具有战役指挥保障功能外，还具有一定的战术指挥控制能力，必要时直接承担对重要空中目标截击和地面防空兵力战斗行动的指挥保障。

空军在作战方向上开设的指挥自动化系统通常属于战役、战术级指挥自动化系统，对上联接军区空军指挥自动化系统，对下联接所属航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵以及技术侦察部队等战术级指挥自动化系统。在系统功能上，除具有情报综合、辅助决策、战役指挥功能外，还在战术指挥控制保障方面，对空中目标性质进行实时识别、判断威胁程度和对异常空情进行监视及告警；根据双方态势，进行任务区分，对所属作战部队进行兵力分配、指示目标与攻击目标诸元计算，制定和优选作战方案；计算航空兵、地空导弹兵、高射炮兵的兵力兵器战备等级转进时机、起飞时机及最佳拦截方案；监视所属作战部队的作战行动；具体实施对航空兵、地空导弹兵、高射炮兵的指挥引导与控制。

上述指挥自动化系统还具有模拟训练、战况记录与重演等功能。对战略、战役级指挥自动化系统的要求与对空军其他指挥自动化系统的要求基本相同，但在战场环境适应性方面要求更为严格。其指挥控制中心和重要情报源、通信枢纽通常设置在坚固的地下掩体内，有更强的抗摧毁能力；对电子干扰，电磁泄漏、计算机病毒和“黑客”攻击有较强的防范能力；备有相应的应急机载、地面机动指挥自动化系统；系统要有更高的可靠性，保证系统常年不间断稳定运行。

随着信息化条件下局部战争对作战指挥的需求和科学技术的进步，空军战略、战役级指挥自动化系统将朝攻防兼备，系统功能综合化方向发展；空基、天基指挥自动化系统将逐步建立；增强低空、远程预警能力，反隐身能力和信息对抗能力；进一步提高智能化水平，增强辅助决策和作战指挥控制应变能力。

（赵滨江）

hangkongbing zhihui zidonghua xitong

航空兵指挥自动化系统 (aviation command automation system) 实现空军航空兵作战指挥控制自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。

组成与功能 通常由信息收集、信息传输、信息处理、信息显示、指挥控制和执行分系统构成。①信息收集分系统。主要由航空兵部队所在地域的雷达情报自动化系统和地面引导雷达站提供实时空情保障。作战、技术侦察、领航、气象、航空管制等实时、非实时信息收集，通常采用技术侦察设备、航空侦察设备、航空管制雷达、气象雷达和其他传感器（包括系统内数据库和人工输入方式）自动、半自动地获得。②信息传输分系统。主要由地面和地空、空空数据通信网组成。地空、空空数据通信网主要是多频段、抗干扰的无线电数据链，用于保障各类信息的传输和对作战飞机实时、准确、保密、不间断地指挥控制。③信息处理分系统。由计算机、网络设备、相应的软件及辅助设备等组成。用于对获取的各种信息数据自动进行实时处理，保障航空兵作战准备、战术行动的实施，如辅助定下作战决心、确定兵力使用方案、机群和编队指挥、隐蔽突然地攻击目标等。④信息显示分系统。由各种输出可视信息的设备组成。用于显示信息处理分系统输出的各种信息，包括空中敌我目标态势、军事情报、兵力部署、作战资料图表、作战方案、指挥控制命令和执行情况等。⑤指挥控制分系统。由指挥员、领航参谋指挥工作台（包括监视器、键盘、打印机、多功能电话机、记录装置等）和对空台遥控设备及接口设备组成。用于人机交互，实施对作战飞机的控制并监视其执行。⑥执行分系统。主要由飞机上的平视显示器、码声器、飞行仪表以及火控计算机等组成。信息处理分系统解算的指挥控制指令，经

确认后由地空数据链输送给机上火控计算机和终端设备，命令执行情况和机上剩余油量等参数通过地空数据链反馈到信息收集分系统。

简史　第二次世界大战中，雷达的诞生和发展，为利用雷达和电台对飞机进行实时指挥引导，指挥航空兵作战提供了一种新手段。战后，一些国家利用计算机、数据通信等技术设备进行空情处理和飞机的指挥引导，进一步提高了对飞机指挥控制的实时性。美国空军于20世纪60年代相继建立了主要用于对航空兵指挥控制的地面半自动防空系统，即“赛其”系统和“贝克”系统；70年代后期，美国空军为进一步扩大对飞机指挥引导范围和提高远程机动作战指挥能力，研制装备了地面机动式指挥自动化系统，并将指挥引导平台由地面延伸到空中，陆续研制装备了空中预警指挥飞机和战术空军指挥所飞机等。

发展趋势　随着航空、航天和信息技术的发展，航空兵指挥自动化系统向着早期预警、高度机动、智能控制以及与武器系统紧密交链方向发展。

（顾经瑛）

di-kong daodanbing zhihui zidonghua xitong

地空导弹兵指挥自动化系统 (command and automation system of ground-to-air missile force)　实现地空导弹兵作战指挥控制自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。分为固定式系统和机动式系统。固定式系统主要用于预先划定空域的防空作战指挥与控制；机动式系统则主要用于地空导弹兵应急机动作战指挥与控制。

组成　主要由目标指示雷达、通信、指挥控制等设备组成，并与上、下级指挥系统相连，营级系统还与地空导弹武器系统交链。目标指示雷达主要用于探测、发现空中目标，实时为指挥控制设备提供目标空情；通信设备用于保障目标空情信息、作战指挥信息及其他战勤信息的实时、准确传递；指挥控制设备用于处理远、近方目标空情，实时计算目标诸元，判断敌情态势，为指挥员提供作战辅助决策，控制地空导弹武器系统射击空中来袭目标。

功能　地空导弹兵指挥自动化系统具有多种功能。①情报收集。可指挥控制目标指示雷达、地空导弹制导雷达等完成对空侦察，同时接收上级、友邻提供的目标空情。②情报处理。将所有空情统一进行数据融合、编批，并将处理后的数据提供给显示系统。③空情显示。将目标空情直观地显示于屏幕上，可显示目标长、短航迹。背景通常采用数字地图，并可放大、缩小、漫游、偏心，可分层显示阵地部署、目标航迹等信息。④诸元计算。自动完成目标运动参数、航路捷径、到达时间，以及导弹发射时的目标距离和时间等射击诸元参数的计算。⑤辅助决策。根据空情态势、目标威胁程度，射击诸元参数，确定目标拦截顺序等，为指挥员决策提供定量依据；对下级（武器系统）的目标分配可自动进行，也可接收人工干预，完成人工目标分配。⑥模拟训练。可生成各种目标空情想定，供战勤人员模拟训练。⑦战况重演。可实时记录作战指挥及模拟训练时各类空情数据、指挥数据，供战后分析处理、上报，重演战斗过程，评定训练成绩等。

简史　地空导弹兵指挥控制方式与手段经历了从人工操作到自动化的发展过程。20世纪80年代，苏联防空军建立了“贝加尔”地空导弹兵指挥自动化系统。90年代，俄罗斯联邦装备了“83M6E”地空导弹兵指挥自动化系统。中国人民解放军空军于90年代初，自行研制了第一个旅（团）级指挥自动化系统。

发展趋势　随着科学技术的发展、战场环境的变化与地空导弹武器系统的更新，地空导弹兵指挥自动化系统必须具备电子战、网络战的能力。此外，智能化决策指挥也是其发展方向。

（刘进忙）

gaoshepaobing zhihui zidonghua xitong

高射炮兵指挥自动化系统 (command automation system of antiaircraft artillery)　实现空军高射炮兵作战指挥控制自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。多为机动式，采用机动式拖挂或自行方舱，通常由指挥控制方舱、通信方舱和电站方舱等组成。一般配属在团（旅）级，采用团直接到连的体系结构，可实现与高炮连火力单元交链。系统内部通过网络将多台计算机组网，使其协调一致地工作。为保证系统高可靠性和安全性，采用双机热备份工作方式。

空军高射炮兵指挥自动化系统主要功能是：①情报收集。指挥控制目标指示雷达、炮瞄雷达、前方地监哨等完成对空侦察，接收上级、友邻提供的空情。②情报处理。将所有空情统一进行数据融合、编批。③情报显示。分层显示阵地部署、地形地物、重要军事设施、目标航迹等信息，并可显示高射炮兵连战勤状态。④诸元计算。由计算机完成目标批次、距离、速度、高度、时间、航路捷径等诸元的计算，并自动进行排序，为指挥员决策提供定量依据。⑤辅助决策。根据空情态势、威胁程度、射击有利度，给出火力分配方案，供指挥员完成指挥控制，火力分配方案可人工干预。⑥信息传输。各种情报、指挥命令、战勤信息等可通过有线电、无线电通信设备进行传输交换。⑦模拟训练。可模拟生成各种战术想定的空情态势，供战勤人员进行模拟训练。⑧战况重演。可实时记录作战指挥及模拟训练时各类空情数据、指挥数据，供战后进行战斗过程重演、战评分析、评定训练成绩等。

中国人民解放军空军从20世纪80年代初开始研制高射炮兵指挥自动化系统，90年代末研制装备了集预警、跟踪、控制为一体，高度机动化的高射炮兵指挥自动化系统。随着科学技术的发展，系统将具备电子战、网络战能力，并具有智能化决策指挥能力。　（王　涛）

kongjiangbing zhihui zidonghua xitong

空降兵指挥自动化系统 (command automation system of airborne corps)　实现空降兵作战指挥控制自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。按运载方式，可分为固定式系统和机动式系统。固定式系统主要设置在战役级指挥所，供空降兵部队对战备值班、日常训练、战前准备等实施指挥时使用；机动式系统主要用于应急机动作战，以机降、伞降、车载等方式深入作战地域，供前方指挥所或野战指挥所使用。作战环境的特殊性，要求机动式系统和设备具有坚固、体积小、重量轻、操作简单、适应恶劣环境以及必要时自毁等能力。按指挥关系可分为空降兵军、师、团指挥自动化系统，团以下各级系统主要是机动式系统，

以适应机降、伞降和野战机动的要求。

空降兵指挥自动化系统主要功能是：①情报侦察。完成情报采集、目标识别与定位、提供战场态势要素等。②生成作战计划。包括地面战斗行动计划和方案、空中输送计划等。③指挥控制。辅助指挥员实施空降作战指挥，如调整作战部署、实施对步兵、炮兵和防空兵的火力控制。④信息传递。完成数据、话音、图形、图像等信息传递。⑤战役战术计算。包括运输航空兵空运能力的分析和计算，出发机场和空降着陆场的选择与计算，空投、空降诸元计算等。⑥模拟对抗演练。动态模拟或图上作业空降作战、实兵对抗演练过程，预测空降作战效果。⑦记录重演。实时记录作战、训练情况，重演作战、训练过程。⑧战果战况分析。进行战果战况统计、分析与评估。

美军空降兵部队于20世纪80年代先后装备使用了空降兵机动控制系统、位置标图报告系统、野战炮兵战术数据系统、前方地域防空指挥控制与情报系统、综合资源分析系统等。中国人民解放军空军于20世纪90年代中期开始研制空降兵战役级指挥自动化系统，第一代系统已装备部队使用。之后又研制出空降兵团指挥自动化系统。随着信息技术的飞速发展，空降兵指挥自动化系统将向高度机动化、小型化和单兵信息化发展。

（顾经球）

kongjun qingbao zidonghua xitong

空军情报自动化系统 (air force intelligence automation system) 以计算机为核心，对空军航空侦察、技术侦察等情报资料进行收集、分析、传递、存贮和检索自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。按空军指挥层次分别配置在空军各级指挥机构及各类侦察部队中。

空军情报自动化系统主要功能是情报收集、情报分析和情报传递。①情报收集。将空军情报系统获取的各类情报，包括侦察航空兵、技术侦察兵、空降兵侦察分队等获得的情报，上级、其他军种和地方有关部门通报的情况，公开资料中分析提炼的情报等，经人工初步加工后，输入计算机综合处理，形成各类数据文件并构成情报资料数据库。②情报分析。对已集中的有关资料进行加工处理，包括使用人工智能系统对资料进行比较、归纳等工作。③情报传递。通过计算机网络进行情报的上报与通报，可传送高度保真的文件原件和声像情报，还可通过有线电、无线电、卫星等通信手段及数据传输网络实施传输，并能自动进行加密和解密处理。

随着现代高新技术的不断发展，系统自动化程度将越来越高，情报处理、传递速度会接近实时，情报存贮容量将越来越大，系统保密性、抗干扰性也将不断增强。

（王卫宁）

leida qingbao zidonghua xitong

雷达情报自动化系统 (radar intelligence automation system) 对以雷达探测为主要手段获取的情报进行实时检测、传递和综合处理的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。基本任务是：对空警戒，及时、准确、连续地发现空中目标并作出威胁判断；为航空兵、地面防空兵作战提供空情保障，为实施航空管制提供空情保障等。

组成与功能 通常包括情报收集、情报传递、情报处理、显示控制等分系统。①情报收集分系统。根据作战要求，在责任区域内部署不同类型、不同频段的雷达以及雷达敌我识别系统，组成用于预警探测的雷达情报网。②情报传递分系统。利用通信手段传输雷达情报、指挥命令的有关话音、数据、图像等信息。为保证传递的可靠性，雷达站和指挥机构之间一般要求有无线电、有线电两种以上通信信道。指挥机构之间，按军区加入国防公用通信网，并有迂回路由。为保障传递的实时性，往往还采用军事专用通信信道。③情报处理分系统。情报综合处理方式分为自动、半自动和人工3种。自动综合处理是利用计算机对目标数据进行相关和属性判断，自动进行编批、去重复和数据融合，确定航迹参数并上报、通报、显示；半自动综合处理是用人工干预对计算机相关处理判断认可后，再由计算机进行综合；人工处理是完全按人工干预命令进行综合处理。④显示控制分系统。系统的重要人机界面，利用显控台实时显示空情，供指挥员直观地了解空情态势及变化。通过人工干预把指挥员各种决策指示和控制命令传送给系统，并监视其他各分系统的工作情况。显示器通常有图形显示器和表格显示器两种。图形显示器用来显示地图背景、目标航迹等情况，表格显示器用来显示目标航迹参数及有关资料。通过输入装置输入指令和数据，可进行人工干预控制。

雷达情报自动化系统通常配属在空军各级指挥机构和雷达兵部队，并与上级、友邻指挥自动化系统联网。各级系统既是上一级系统的信息源和控制节点，又是下一级系统的信息宿和指挥中心。根据作战使用需要，各级系统可越级上报和越级对下指挥，友邻之间能够交换情报，亦可互相接替。

简史 美国于20世纪50年代初开始研制具有半自动化防空预警和指挥功能的“赛其”系统，并于50年代末投入使用。苏联50年代末也将“天空一号”半自动化雷达情报指挥系统投入到部队使用。北大西洋条约组织的一些国家70年代建成了“奈其”防空预警和指挥控制系统。中国人民解放军空军从50年代末开始研制雷达情报自动化系统，80年代以后，相继建成了雷达情报自动化系统的基本型号并陆续装备部队使用。

发展趋势 随着计算机技术、信息探测技术、信息融合技术和通信技术的发展，雷达情报自动化系统将实现多种传感器信息融合，系统具有更大的情报处理容量，更高的可靠性，自动化程度和实时性将进一步加强，与武器系统和指挥控制系统结合得更加紧密。

（谢庆胜）

kongjun dianzi duikangbing zhihui zidonghua xitong

空军电子对抗兵指挥自动化系统 (command automation system of air force electronic warfare units) 实现空军电子对抗兵作战指挥控制自动化的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。由电子对抗情报探测、分析处理、传输等设备组成。按运载平台可分为地面固定式、车载式和机载式。

空军电子对抗兵指挥自动化系统按指挥层次，分别设置在空军各级指挥机构及各电子对抗部队。可完成战场电子对抗情报的搜集和电磁环境分析，电子对抗作战协同计划和作战预案生成，作战决策和干扰、反辐射武器作战指令下达，以及对战场电磁环境动态模拟与推

演，电子对抗作战方法研究等。

电子对抗兵的雷达对抗、通信对抗、光电对抗等侦收单元，将收集到的电子对抗信息经初步处理后，传送到指挥所情报中心进行再处理，并完成对电磁辐射源类型识别、参数计算、平台定位、威胁顺序等数据的综合分析，同时将软、硬杀伤决策预案，模拟预测的电子对抗效果以及需打击目标的位置、工作状态等技术参数和排序情况等，传送显示给指挥员，并将决策后的作战指令下达给电子攻击部队(分队)的作战单元，由各单元自动或人工执行。用各种传感器、传输设备将作战实效收集、反馈到情报中心，并记录备查。 (赵 榈)

hangkong guanzhi zidonghua xitong

航空管制自动化系统 (air control automation system) 辅助空军航空管制人员对航空器实施管制指挥的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。按航空管制空域和职能，设置有区域、分区和机场航空管制自动化系统，并根据隶属关系和管制移交权限统一联网。

航空管制自动化系统通常由信息获取、信息综合处理、信息显示和系统交互等部分构成。①信息获取。获取空中交通管制指挥必需的基础信息，包括自动获取雷达情报数据、飞行计划数据、飞机位置报告数据、航路和机场气象数据、航行情报资料数据。②信息综合处理。利用基础信息，生成用于供管制人员进行判断和指挥控制的综合数据，包括对目标的多雷达融合处理、飞机位置报告和飞行计划相关处理、雷达数据和飞行计划相关处理、飞行计划航迹外推、飞行剖面计算、冲突探测和化解方案推荐，飞行计划调配等。③信息显示。实时显示用于管制人员掌握空中飞行态势和进行管制指挥的各种信息，包括背景图和航迹动态显示、各种飞行列表和进程单电子显示、气象信息显示、航行情报资料显示、系统状态和通信信道状态显示等。④系统交互。包括系统之间的交互和人机交互两部分。系统间的交互主要指相关管制中心之间管制移交活动中的话音和数据交换，管制中心与飞机之间的话音和数据交换。人机交互指系统对管制人员的提示以及管制人员对系统进行的操作，如系统产生的声音和视觉告警、管制人员主动或根据系统提示对系统进行的手工操作和干预等。

最早对飞行活动进行管制指挥的手段是使用信号旗。无线电台和一次雷达的出现极大地提高了空中交通管制的能力。20世纪60年代随着二次雷达和计算机技术在空中交通管制活动中的运用，出现了规模化的航空管制自动化系统。中国的航空管制自动化系统始建于70年代末的北京至上海的航路。随着通信、导航、监视手段的更新和专家系统、人工智能技术的应用，空军航空管制自动化系统将集通信、导航、监视、空中交通管制功能于一体，并进一步向智能化方向发展。 (白松浩)

kongjun qixiang qingbao zidonghua xitong

空军气象情报自动化系统 (air force meteorological information automation system) 用于收集、传递、处理气象情报，并提供给空军各级作战指挥机构使用的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。通常由气象情报收集和气象情报处理等部分组成。①气象情报收集。主要包括地面和空中气象观探测报告、舰船和飞机的气象观测报告、气象雷达和气象卫星探测资料数据以及气象部门的天气分析、预报和警报等。收集范围主要包括国内外播发的气象情报，军队和地方气象台站提供的气象观探测报告，以及侦收敌区的各种气象情报等。②气象情报处理。以计算机为核心，以数据通信网络为支撑，发送、接收、记录原始气象情报，并进行识别、质量控制、分类和加工，形成统一标准格式或适合空军气象保障要求的气象情报，供各级空军指挥自动化系统使用。

空军气象情报自动化系统的发展与大气科学的发展及新技术应用有密切关系。20世纪40年代，出现了收集气象情报专用的电传打字机和气象传真机等设备。50年代，计算机成功地用于数值天气预报，出现了气象情报加工处理系统。60年代，由于计算机和通信技术的发展，气象情报的收集与处理逐渐合为一体。70年代以来，计算机在气象情报收集处理中得到了广泛应用，出现了专用的气象情报收集处理自动化系统。中国人民解放军空军于80年代开始应用计算机收集处理气象情报。随着计算机技术特别是通信技术和网络技术的发展，空军气象情报自动化系统将更加趋于综合化、网络化，更加适应空军作战对气象保障准确、及时、连续、全面的要求。

(李双廷)

kongjun dimian jidongshi zhihui zidonghua xitong

空军地面机动式指挥自动化系统 (air force ground mobile command automation system) 主要技术设备设置于方舱内，依靠其装载车辆或借助其他运输工具实施机动转移的各类空军指挥自动化系统的统称。空军应急机动作战的重要指挥设施，也可作为空军固定式指挥自动化系统的备份系统。

分类 按作战等级，分为地面机动式战略级、战役级和战术级指挥自动化系统。按作战使用兵种，分为地面机动式航空兵指挥自动化系统、地空导弹兵指挥自动化系统、雷达情报自动化系统和空军电子对抗兵指挥自动化系统等。地面机动式战略级、战役级指挥自动化系统通常作为空军和军区空军的前进指挥机构自动化系统使用，亦可作为作战方向空军基本作战指挥机构指挥自动化系统使用。地面机动式航空兵指挥自动化系统、地空导弹兵指挥自动化系统、雷达情报自动化系统和空军电子对抗兵指挥自动化系统等通常需随地面机动式战略、战役级指挥自动化系统一起实施机动转移，也可根据需要独立担负相应兵种的应急机动作战指挥保障任务。

组成 通常由指挥、技术、通信、辅助等方舱，电源站和相应的运载工具组成。指挥方舱内设有指挥工作台和内部通信设备等；技术方舱内设有情报接收、信息处理、系统定位和运行监控设备等；通信方舱内设有各种通信接口、野战交换、信息转发和信道管理设备等；辅助方舱内设有系统测试、维护设备和备用器材、仪器仪表以及工具等。为保证系统具有一定的独立自主工作能力，系统通常要配套随带车载式引导和目标指示雷达及车载式地面、地空通信设备。

主要特点 与空军固定式指挥自动化系统相比，其特点是：①机动性强。可借助多种运载工具(火车、飞机、轮船等)实施快速远距离机动转移并迅速开通使

用，适应应对突发事件和指挥应急机动作战、远程进攻作战需要。②抗毁性好。系统的机动性和隐蔽伪装、系统重组、电磁防护等措施相结合，使系统具有较强的抗毁能力。③工作方法灵活。各战术级指挥自动化系统可相互组合，又可独立担负保障任务，且可与固定式指挥自动化系统、空中预警指挥自动化系统、各种情报源及各种武器系统的紧密链接。④环境适应性强。采用加固、冗余、容错和系统综合防护等技术措施，使系统具有高可靠性与野战条件下的环境适应性。

发展概况　美国空军从20世纪80年代开始装备地面机动式指挥自动化系统，如战术空军控制中心、控制报知中心、空运控制中心和空中支援作战中心等，并于现代几次局部战争中付诸应用。苏联空军也从80年代开始装备地面机动式指挥自动化系统，并已形成装备系列，如航空兵的“国境线”系统、地空导弹兵的“贝加尔”系统和雷达兵的“基础”系统等。中国人民解放军空军的地面机动式指挥自动化系统已于90年代投入使用。随着信息技术的飞速发展，空军地面机动式指挥自动化系统的机动性、抗毁性与可靠性将进一步提高，朝着小型化、一体化和智能化的方向发展。

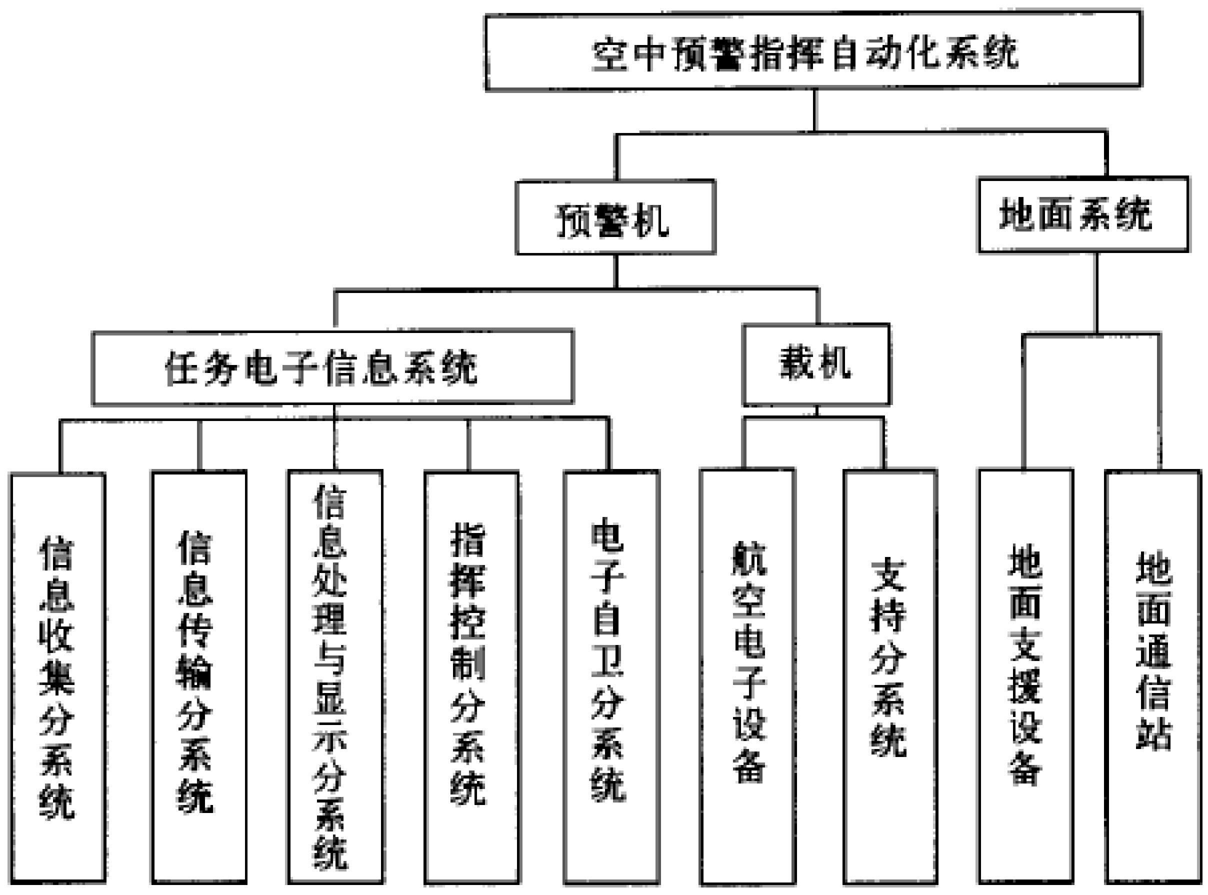
（戴静泉）

kongzhong yujing zhihui zidonghua xitong

空中预警指挥自动化系统　(airborne early warning command automation system)　以飞机为载体，利用以监视雷达为主的机载电子设备探测空中（海上）目标，进行空中预警，并可对空中机群实施指挥引导的人机系统。空军指挥自动化系统的组成部分。具有良好的探测低空目标的性能和便于机动等特点。平时可沿边界或公海巡逻，侦察敌方动态，防备突然袭击；战时可迅速飞往作战地区，遂行警戒和指挥引导任务。

组成与功能　空中预警指挥自动化系统主要由预警机和地面系统组成（见图）。

预警机　主要由任务电子信息系统和载机组成。任务电子信息系统由信息收集、传输、处理与显示、指挥控制和电子自卫等分系统组成。①信息收集分系统。由机载监视雷达、敌我识别／二次雷达和电子侦察等技术设备组成。机载监



空中预警指挥自动化系统组成方框图

视雷达是系统最主要的传感器，采用脉冲多普勒技术体制以及动目标显示、脉冲压缩等抗干扰技术，脉冲重复频率可在高、中、低频率范围内转换，可同时测出目标的方位、距离、高度和速度。机载监视雷达传统的扫描体制是在方位上机械扫描，俯仰上电子扫描。采用相控阵技术后，方位俯仰均为电子扫描。对陆地上空低空飞行的战斗机目标探测距离为230～370千米，一般可同时跟踪数百个目标。敌我识别／二次雷达设备主要用于获得目标属性、高度等信息。电子侦察设备主要用于识别目标类型、测定目标方位。有的预警机还装有通信侦察设备，主要用于截获敌方空空与空地通信，判断敌方的战术意图。②信息传输分系统。由高频、甚高频／超高频电台、卫星通信设备和机内通信设备等组成，用于空空、空地之间的话音通信与数据传输，以及机上操作人员之间的内部通信。③信息处理与显示分系统。主要由计算机及相应软件和显控台等设备组成。将信息收集分系统获得的各类信息进行综合、处理，并为操作人员显示目标航迹、属性等空中态势图形。④指挥控制分系统。主要功能是对空中态势进行威胁估计、发出入侵警报、计算截击方案等，一般可同时引导十几批或数十批目标。⑤电子自卫分系统。由雷达告警、激光告警和导弹逼近告警等设备和有源干扰装备、无源干扰物（箔条弹、红外弹）等组成，用于载机的自身防护。

载机是空中预警指挥自动化系统的重要组成部分，要求有良好的飞行性能和足够的载荷能力、机舱容积和续航能力。通常选择运输机改装而成。机上的导航系统除保障飞行外，还可将载机的位置、航向、姿态角、速度、高度等数据提供给任务电子信息系统使用。

地面系统　包括地面通信站和地面支援设备。地面通信站接收预警机下传的空中情报，送至指挥自动化系统进行综合、处理和分发，并及时向预警机传送任务指令和气象、协同等战术信息。地面支援设备用于保障任务电子信息系统和载机的维护、遂行任务前的数据加载、及机组人员模拟训练等工作。

简史　美国空军20世纪70年代中期研制成功E-3型预警机，建立起空中预警指挥自动化系统，用于战术空军部队的指挥与控制。北大西洋条约组织、英国、法国、沙特阿拉伯和日本也使用这种系统。俄罗斯联邦空军的空中预警指挥自动化系统使用的A-50型预警机。瑞典空军1997年起装备了采用相控阵雷达技术的S-100B空中预警与控制系统，希腊和巴西也采购了类似的系统。

发展趋势　进一步提高预警雷达探测能力和引导精度，提高发现跟踪超低空目标和巡航导弹、隐身飞机等雷达截面积小目标的能力；增强抗电子干扰能力和抗反辐射导弹等自卫能力；减小电子设备的体积、重量，提高其可靠性；增强对防空武器的指挥控制能力等。

（陆俊英）

kongjun bangong zidonghua xitong

空军办公自动化系统　(air force office automation system)　以计算机为核心进行信息收集、传输、处理，保障空军各级机关对部队实施指挥管理的人机信息处理系统。又称机关业务处理自动化系统。按机关层次结构分为空军、军区空军以及下属机关办公自动化系统。建立空军办公自动化系统的目的在于充分利用信息资源，提高机关工作效率和质

量，实现科学管理、科学决策，增强指挥效能。

组成 各级办公自动化系统都由硬件和软件两部分组成。硬件主要包括网络交换设备(如交换机、集线器等)、网络互联设备(如路由器、调制解调器、适配器等)、通信信道(如国防长途自动化电话网、公用数据网、数字专线等)、数据处理设备(如数据库服务器、文电／名录服务器等)、终端设备(如微机终端、绘图仪、打印机、手写终端、扫描仪、监视器等)、安全保密设备(如安全网关、密钥管理中心、服务器密码机、终端密码机、文电密码机、信道密码机、拨号认证设备、电子信号干扰器等)，硬件通过计算机局域网、广域网连成一个整体，实现资源共享。软件主要包括系统软件、公共支持软件和专用软件。①系统软件。管理计算机并使其正常运行的软件，如操作系统(windows NT、U—NIX等)、各种语言处理程序和人机接口软件等。②公共支持软件。办公自动化系统中通用、工具型软件，是开发办公自动化系统各种应用软件的基础，如数据库管理软件、文字处理软件、表格处理软件、通信软件、图形图像处理软件、声音处理软件等。③专用软件。根据机关指挥、办公需求开发的应用程序，按机关不同需要、面向不同人员，通常分为办公事务处理软件、管理信息系统软件和决策支持系统软件。办公事务处理软件用于处理机关各种规律性和非规律性的办公事务，如公文处理软件、行政值班管理软件、工作管理软件、资料管理软件、会议管理软件、日程计划软件、文书档案管理软件、工资管理软件、财务会计软件、情报资料检索软件、信息编辑处理软件等；管理信息系统软件用于处理机关各部门的业务信息，掌握部队动态情况，如作战综合数据库、实时信息收集发布系统、侦察情报处理软件、军事训练管理系统、行政管理软件、装备管理系统、干部管理系统等；决策支持系统软件为机关人员谋划工作提供决策支持，主要以计算机技术、人工智能技术与军事数学模型为基础，其支撑环境是知识库管理系统和一系列模型方法工具软件包。

功能 空军办公自动化系统的主要功能是：①工作筹划。提供机关人员筹划工作所需的电子化和智能化工具，可随时从机关数据库中提取有关数据资料，为分析预测提供依据。②信息管理。实现机关内部、机关与部队之间业务信息交换，与上级机关、友邻部队互通信息，区分不同用户进行分级查阅和管理等。③公文处理。可实现网内文电拟制、编辑、修改、上报、审批，快速检索、分类存储文档资料。④事务处理。对机关日常事务性工作进行计算机管理，包括日程安排、工作计划、行政值班和办公物品管理等。⑤多媒体信息处理。包括语音、图形、图像的输入、识别、合成、存储、检索和输出等。⑥指挥控制。实时地收集指挥自动化系统处理的有关信息，提供指挥警戒值班系统的主要动态情况，接收、处理、传递指挥文电等指挥控制信息。

简史 空军办公自动化系统的发展是随同国家、军队机关办公自动化系统发展而发展的。“办公自动化”一词是20世纪50年代在美国出现的，至今大致经历了三个阶段：①单机设备应用阶段。从50年代中期到70年代中期，主要是在办公室工作中使用文字处理机、复印机、传真机等设备，实现单项业务处理的自动化。②局域网阶段。70年代中期到80年代初期，把分散在各办公室的计算机系统连接成计算机局域网络，主要用于文电处理、业务管理和资料检索等。③广域网阶段。80年代中期到90年代初期，综合利用各种技术与设备，如计算机、多功能工作站、专用或公用的通信网络等，建立联网范围更大的城域网和广域网，实现远程办公、资源共享、综合一体化的办公业务管理的自动化。90年代以后，随着信息基础设施和信息技术的发展，办公自动化系统进入了新的发展时期，使办公系统与其他信息系统紧密结合，向高度宽带化、综合化和智能化发展。中国人民解放军空军办公自动化建设，始于80年代初期，至21世纪初，初步实现了“网络型”综合业务处理的办公环境。

发展趋势 随着信息技术的不断发展，办公自动化系统将朝着完全网络化办公环境方向发展，并将超越时空限制实现全球联网、专用网和公用网有权限互联以及移动办公、家中办公、远程操作等。在军事领域也将得到更加广泛的应用，对军队办公方式将产生重大影响。

（陈炳江）

kongjun zhihui zidonghua xitong sheji

空军指挥自动化系统设计 (air force command automation system design) 运用系统工程的原理和方法，拟制满足空军作战指挥使用需求的自动化系统总体方案的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。是系统集成和工程建设的基础。

系统设计内容 主要依据是系统建设任务书，即指挥体系及指挥关系、系统功能和主要战技指标、经费预算等。设计内容主要包括：确定系统体系结构、技术体制和信息流程；划分分系统和确定各分系统的技术体制结构；分解系统战技指标，并分配到每个分系统；提出主要设备、系统支持软件研制和选型意见；划分软件模块，确定测试方法；制定系统标准化大纲，制定工程标准；制定系统质量保障体系；绘制系统研制进度及计划网络图；制定分系统、全系统性能测试和系统考核大纲；提出工程经费概算。

系统设计方法 主要有结构化方法、原型化方法和面向对象方法等。结构化方法是指在系统建设中，用一组规范的步骤、准则和工具进行系统设计的方法；原型化方法又称渐进获取法，要求使用单位参与整个研制过程，不断反馈修改，逐渐逼近目标；面向对象方法是由面向对象分析和面向对象设计两部分组成的系统设计方法。

系统设计步骤 与系统设计方法相对应，系统设计步骤有：①结构化方法设计步骤。将系统的体系结构按照自顶向下的方式分解为若干功能模块，把握系统的总体目标和功能，对各功能模块逐层细化，将数据流程图转换、优化为用结构图和说明文档表示的详细设计，直到用物理模型能够实现为止，最后确立整个系统的体系结构。②原型化方法设计步骤。初步明确现有系统的基本需求后，模仿现有系统的基本功能和工作流程建立一个工作模型，并在使用过程中逐步补充数据，修订与增添有关的模型和方法，边建、边用、边改进完善，最后达到满足使用需求的实用系统。③面向对象方法设计步骤。分析系统的作战需求、任务范围及信息流程，确定系统的总体目标和关键因素，并按系统的体系结构进行分类，建立其间的相互关系；分别对具

体业务工作过程和处理的各种事件进行详细分类，并加以抽象的描述，确定每一作战应用和保障领域边界的协调功能；按照对系统的详细分类建立对象模型，并通过对系统运作状态分析建立动态模型，最后基于系统的数据传送和处理建立功能模型。

空军指挥自动化系统设计是一个涉及多领域学科知识、满足多方面使用需求、受到多种条件制约的综合行为过程，系统设计的各种理论方法和技术手段尚在不断发展和完善中，也常常根据需要选用其他学科领域中的新方法来充实和丰富内容。（贵爱国）

kongjun zhihui zidonghua xitong jicheng

空军指挥自动化系统集成 (air force command automation system integration)

运用系统工程的原理和方法，以系统设计方案为依据，构造空军指挥自动化系统的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。主要包括综合通信系统集成、指挥控制设备集成、信息和数据集成、软件集成以及应用集成等5部分。

综合通信系统集成　将平面通信、地空通信、内部通信和应急机动通信等技术手段统一综合设计、建设，以保证空军指挥自动化系统在作用范围内的无缝通信。主要包括：通信信息业务综合，如把语音、数据、视频图像等综合在一起，建立宽带综合业务数字网等；通信系统功能综合，如把通信、导航、识别等综合在一起，建立综合通信、导航、识别系统；通信系统与指挥控制系统、计算机系统综合设计、建设及军用通信系统与民用通信系统的综合等。

指挥控制设备集成　对空军指挥自动化系统指挥控制中心设备（计算机系统、显控台、网络系统）进行综合设计和施工。主要包括：根据指挥自动化系统总体技术方案，安装调试系统使用的服务器、工作站以及打印机、时统、录音录时等设备；为计算机系统安装并剪裁、设置采用的数据库系统、开发系统、管理系统等基础平台软件，将所有显控台、计算机连为一个完整网络。

信息和数据集成　依据系统总体设计方案和数据字典，对空军指挥自动化系统所能收集、处理和产生的信息、数据以及固有的数据进行录入、处理、校验和维护等。主要包括：将信息和数据按照一定的原则和方法进行区分和归类，并建立一定的分类系统和排列顺序；按照“自顶向下”的原则将信息和数据统一进行编码设计，包括每个编码对象的编码规则、码表结构和代码表；分类编码的信息和数据格式标准化；支持含有信息分类编码的数据结构的设计和创建（包括逻辑数据库设计和物理数据库建造）；信息和数据的录入、校验。

软件集成　依据软件总体方案，在设备集成的基础上，有机地将各参研单位开发的应用软件综合、嵌入互联为一个完整的系统或子系统。主要包括：按照实施计划，运用各种程序设计工具和方法，分别进行各分系统应用软件的系统性能测试和功能试验；汇编为应用软件开发同步的各种文档资料。

应用集成　依据系统总体设计方案和数据字典，对应用事务进行整合和使用人员培训以及后续服务。主要包括：与用户进行磋商，合成用户已有的事务处理软件；到使用部队现场安装、联试以及使用人员的培训；系统进入试运行，实兵校飞，并进行相应的软件修改与完善；对系统进行考核验收，最终交付部队正式运行；对系统运行的跟踪服务。

随着科学技术的飞速发展，空军指挥自动化系统集成将面临更多的选择、变化更快的市场和更严格的要求，技术上进一步向标准化、系列化和模块化方向发展。（贵爱国）

kongjun zhihui zidonghua xinxi shouji

空军指挥自动化信息收集 (information acquisition of air force command automation)

利用传感器和其他手段，获取空军指挥自动化系统所需信息的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。主要包括数据采集和信息提取。信息收集的工作过程是利用传感器对空中目标和战场环境进行探测，获得信息源的数据，将其转换成数据处理设备便于处理的形式，从中提取有用信息，为空军指挥自动化系统提供可靠的情报支持。

空军指挥自动化信息收集利用的传感器主要有：雷达、电子对抗侦察设备、无线电侦收和测向设备、光学照相与摄像设备、红外遥感器以及人工观测设备等。通过上述传感器和其他手段探测空中目标的位置特征，感知战场气象、电子对抗、战区地形、兵力兵器编成与部署、敌我双方态势。收集的信息以声音、图形、图像、文字、数据、符号等形式提供给空军指挥自动化系统使用。

空军指挥自动化信息收集能力的度量指标有：①信息种类。信息种类越多，反映信息来源越广。②信息密度。指单位时间内收集到的信息量，其度量以次/秒、批/秒、点/秒、字节/秒等表示。信息密度越大，反映信息收集的能力越强。③信息精度。指获取的空军指挥自动化信息与实际情况相符合的程度，其度量与信息类型有关。精度越高，信息越准确。④覆盖范围。指用于获取空军指挥自动化信息的传感器或技术手段的探测距离、方位角和仰角的覆盖范围，其度量以千米、度或平方千米表示。覆盖范围越大，信息收集的地域和空间越大。⑤信息收集的时延。指事件发生到信息被捕获之间的时间差，其度量以秒表示。时延越小，反映信息收集的速度越快。

随着科学技术的发展，空军指挥自动化信息收集将朝着大范围、全方位、多层次地使用多种平台、手段，早期发现、快速获取高精度情报等方向发展。

（贵爱国）

kongjun zhihui zidonghua xinxi chuandi

空军指挥自动化信息传递 (information transmission of air force command automation)

利用各种通信手段，保障空军指挥自动化系统中各类信息得到实时、安全、不间断传输的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。从空间角度分为地面、地空、空空信息的传递；从形式上分为话音、数据、图形、图像等信息的传递。传输的信息包括情报信息、决策指挥信息、武器控制信息等。

空军指挥自动化信息传递主要通过各类通信网进行。计算机（或数据终端）与计算机（或数据终端）之间的数据通信，传递过程包括信息复用、调制、发送、交换、接收、解调、分路等。对于数字话音通信，在信息源或用户终端，还要增加模/数变换（A/D）、编码和解码、数/模变换（D/A）的过程。信息传递系统主要包括网络

交换设备、网络互联设备、通信信道和终端设备等。网络交换设备主要有各类交换机、集线器等；网络互联设备主要有路由器等；通信信道主要有电缆、光缆、短波、超短波、微波、散射以及卫星信道等；终端设备主要有包括计算机在内的各类通信终端设备以及安全保密设备等。信息传输控制是由通信规程（X.25等）和网络协议（TCP/IP等）体现的，用于信息的差错控制、路由控制、流量控制、格式转换等。

为提高情报传递的实时性和可靠性，从传感器如雷达站、技术侦察站到指挥控制中心，以及指挥控制中心到作战部队(或受控作战兵器)之间，通常采用点对点的专线传递，并要求有两种以上的传递手段。空军各级指挥控制中心之间的信息传递，一般通过国防通信网、空军专用数据通信网和租用民用通信网进行，也要有两种以上路由保障。地空、空空之间话音传递采用短波、超短波和卫星通信；地空、空空之间数据信息传递，通常采用超短波、L波段地空数据链和卫星通信。

空军指挥自动化信息传递系统要能够实现与其他军兵种的互联互通，满足联合作战的需要。信息传递技术向栅格化、宽带化、综合化、智能化和抗干扰方向发展。（王军良）

kongjun zhihui zidonghua xinxi chuli
空军指挥自动化信息处理 (information processing of air force command automation)
将空军指挥自动化系统获取的原始信息进行变换、融合、判断、决策、优化、分配、存储等一系列加工处理的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。可及时向指挥员提供战场态势和辅助决策信息，提高作战指挥效能。

空军指挥自动化信息处理的主要内容有综合情报处理、作战辅助决策、作战指挥控制、信息服务等。①综合情报处理。以综合雷达情报为主，对获取的各种雷达情报进行过滤与检测、数据关联、状态估计与跟踪、目标属性识别等，再与航空管制、技术侦察、气象、电子对抗等多源信息进行融合，最终形成格式化的综合情报供指挥人员使用。工作方式有自动、半自动和人工3种。②作战辅助决策。主要目的是为指挥员提供决策依据，主要作用是对来袭目标进行威胁判断、任务区分、三线解算（移动、起飞、拦截）、多机场起飞决策、空地协同、作战指挥非实时计算、作战计划生成和作战计划模拟与评估等。③作战指挥控制。主要有对空指挥引导和地面防空指挥控制等。防空作战中，对空指挥引导以空中截击控制为主要内容，进行引导雷达情报处理、目标属性识别、威胁估计，并依据来袭目标情况进行截击方案计算和优化，使用各种截击方法，对己方飞机进行全过程的指挥引导。进攻作战中，对空指挥主要是引导多机种、多批次飞机按计划完成作战任务。对空指挥引导的手段有话台和数传两种。地面防空指挥控制以地面防空武器控制为主要目的，对来袭目标进行航迹预测、威胁判断，优选分配方案，实施火力分配以及对火力单元的指挥控制等。④信息服务。为指战员使用和交换信息提供服务，主要有网络环境下数据库管理、网络信息服务和文电处理等。数据库管理的主要目的是存储、检索、统计指挥自动化信息，建立情报资料、武器装备、人员编制、作战指挥等数据库，为空军指挥自动化系统信息处理提供数据支持；文电处理的主要目的是进行指挥人员之间信息交换，运用网络技术，通过浏览器起草、审批、发送、查询、应答、签发、接收各类文电资料。

空军指挥自动化信息处理是一个复杂的过程，信息处理的技术尚在不断发展，功能也在不断完善。

（黄爱国）

kongjun zhihui zidonghua xinxi xianshi
空军指挥自动化信息显示 (information display of air force command automation)
在空军指挥自动化系统中，将各种经过处理后的动态、静态信息送入显示终端设备，变成使用人员可视信息的技术。空军指挥自动化技术的组成部分。主要用于直观、实时地显示处理后的各类信息，是指挥自动化系统重要的人机交互手段。

空军指挥自动化系统常用的显示终端有CRT管面显示器和大屏幕投影显示器两种。CRT管面显示器在各种显示器中占主导地位，一般供单人观看；大屏幕投影显示器通常安装在战役级指挥所(可单个屏幕单独使用，亦可多台拼接以获得更大的使用屏幕)供多人集体观看。显示内容主要包括图形、图像、文字表格、数码等。图形显示主要包括地图背景（国境线、行政区界、山脉、河流、主要城市等）、机场、作战区域、空中走廊、引导预案、空情航迹信息等；图像显示包括气象云图、航侦图像、视频图像等；表格显示主要包括空情列表数据、指挥控制数据、作战资料、值班序列数据等。显示控制台上的显示画面可在人工干预下分层显示不同的内容、改变显示比例尺、进行偏心漫游，也可通过调阅或视频切换输出到大屏幕上显示。显示软件使用的技术包括数字地图技术、地图拼接技术、前背景叠加技术、电子标图技术等。

空军指挥自动化信息显示具有实时性强、信息量大、可靠性高等特点。显示终端设备经历了从随机显示到光栅显示、从阴极射线管(CRT)显示器到平板显示器（液晶、等离子）、从CRT投影大屏幕到数码光输处理器（DLP）投影大屏幕的发展历程。目前正向高分辨率、高亮度、高清晰度、无闪烁的显示质量以及数字化、智能化、网络化的显示控制技术方向发展。（管文元）

kongjun zhihui zidonghua xinxi ronghe
空军指挥自动化信息融合 (information fusion of air force command automation)
在空军指挥自动化系统中，利用计算机技术和物理、数学模型(或准则)，对由多种和多个信息源获取的信息进行多层次多方面的分析与综合的信息处理技术。进行信息融合的目的在于获得比从任何单个信息源更丰富、更准确的信息，以便指挥员更准确地掌握目标状态与属性、战场态势与威胁等级等与作战相关的各类信息，从而提高决策的正确性和指挥的有效性。

按照信息源的配置方式，可分为局部信息融合和全局信息融合。局部信息融合收集处理来自单平台多个传感器的信息并形成局部的战场态势，全局信息融合收集处理来自多平台多个传感器的信息并形成全局的战场态势。按照原始信息的抽象程度，信息融合可分为像素级融合、特征级融合和决策级融合。像素级信息融合是一种较低层次的融合处理，对各类传感器观测到的大量原始数据直

接进行综合与分析，从中获得观测对象的状态参数与属性信息。特征级信息融合属于中间层次的融合处理，首先对各类传感器采集到的原始数据进行特征提取，然后对特征信息进行综合分析与处理，从而得出观测对象的状态参数估计和目标属性识别结果。决策级信息融合是一种较高层次的融合处理，从指挥控制决策的具体需求出发，充分利用特征级融合处理所提取的观测对象的各种特征信息，采用适当的融合技术对其进行处理，直接为指挥控制决策提供依据。

实现信息融合的技术主要包括目标跟踪、目标识别、态势与威胁估计等技术。目标跟踪通常有点迹-航迹关联、航迹-航迹关联两种处理方法。目标识别主要包括物理模型法、参数分类法和人工智能法3种类型。态势与威胁估计涉及的因素很多，需要全面获取相关知识并使其满足系统快速处理的要求，主要采用模板技术和人工智能技术来实现。

信息融合是一门跨学科的综合技术，理论与工程实践方面尚处于探索和发展阶段。研究方向主要是：同类传感器信息融合的数值处理方法与异类传感器信息融合的符号处理方法；兼顾准确性和稳健性的信息融合处理算法与模型；用于信息融合处理的数据库、知识库、模型库、方法库与不确定性推理等；信息融合处理的分布式体系结构与并行处理方法等。（陆宇飞）

kongjun zhihui zidonghua xinxi duikang

空军指挥自动化信息对抗 (information countermeasure of air force command automation) 为保护己方空军指挥自动化系统功能的充分发挥，同时削弱或破坏敌方指挥自动化系统效能，在信息领域所采取措施与行为的统称。空军指挥自动化技术的组成部分。信息对抗主要包括心理战、电子战、军事欺骗、由信息系统（或信息单元）控制的硬摧毁和计算机网络战等方面。空军指挥自动化信息对抗主要是指指挥自动化系统间的网络对抗，主要包括网络攻击和网络防护两部分。

网络攻击 通常是指干扰、阻止、削弱或破坏对方系统中的计算机和计算机网络，以及其信息流的作战行动。计算机网络攻击技术和手段主要有：①计算机病毒攻击。计算机病毒是一种在计算机系统运行过程中能实施传染、具有侵害功能的程序。可将其指令拷贝到其他程序，其他程序又可继续将该指令拷贝到更多的程序中。这些指令可根据编写者的动机造成许多不同形式的损坏，如删除文件或使系统瘫痪等。计算机病毒具有传染性、潜伏性、隐蔽性和破坏性等特点，而且传染不分国界和场合。广义上的计算机病毒还包括“蠕虫”、“特洛依木马”和“逻辑炸弹”等有害程序和软件。利用硬件预埋、无线电发射和网络传播等多种渠道，可将计算机病毒作为信息攻击武器直接破坏对方指挥自动化系统。②计算机“黑客”攻击。计算机“黑客”通常是指对计算机网络构成威胁的非法用户，包括伺机入侵网络的非注册用户和越权使用的网上用户。计算机“黑客”利用网络漏洞，依靠其知识经验，采用一定的技术手段，对计算机网络安全构成极大威胁。

网络防护 主要指对己方指挥自动化系统的安全防护。包括：计算机及计算机网络防护技术，信道、指挥中心设备防护技术和网络管理防护措施等。①计算机及计算机网络防护技术。主要有信息加密、身份认证、数字签名、监控告警、安全审计与检测和防火墙技术等。②信道、指挥中心设备防护技术。指挥自动化系统信息在传输、存储和使用过程中，都可能受到对方窃密的威胁。用于系统信息传输的远程通信信道，特别是卫星、微波及短波等无线电通信信道，由于信息暴露，容易造成泄密。系统信息还可通过指挥中心内计算机及显示设备向外辐射，窃密一方利用高技术手段和设备即能在一定距离上将其截获并复原。防止指挥自动化系统信息泄漏、被窃密的手段主要有：使用信道保密机和终端保密机分别对通信信道和用户终端进行链路加密和终端加密；对存储于计算机系统内的文件数据和数据库数据进行存储加密；对用户进行计算机通信时的数据进行验证加密，包括数据内容验证、数据源验证和数据时间性验证；采取低辐射技术和电磁屏蔽技术对系统中重要计算机机房及用户终端进行防电磁辐射处理；系统独立成网，与非保密网络物理隔离。③网络管理防护措施。在指挥自动化系统网络管理上采取防止信息失泄密措施，主要是制定安全保密的规章制度，加强对系统使用人员的严格管理和安全保密观念教育。

20世纪80年代以前，空军指挥自动化信息对抗主要偏重于防范，如防电磁泄漏、防计算机病毒和对信息进行加密等方面，尚未形成系统整体多手段对抗能力。80年代以后，随着电子信息技术特别是计算机网络技术在指挥自动化领域的广泛应用，美国、英国等国家空军普遍开展了指挥自动化系统网络对抗技术和装备研究工作，并在90年代发生的局部战争中获得了应用。系统信息对抗已经成为整个信息对抗的集中表现，直接关系到战争胜负。技术上将向一体化、网络化和多功能化方向发展。（陈 苇）

kongjun zhihui zidonghua zuozhan yingyong ruanjian

空军指挥自动化作战应用软件 (operational application software of air force command automation) 实现空军作战指挥自动化系统特定作战功能的应用软件的统称。空军指挥自动化软件系统的组成部分。通常包括情报综合处理软件、作战辅助决策软件、作战指挥控制软件和作战保障软件等。

情报综合处理软件 包括雷达情报处理软件、多源信息综合软件、空中目标识别软件、异常空情告警软件等。主要完成各类情报收集、检测、分类、判别及信息融合，提供完整、规范、实时的战场情报，作为指挥人员筹划决策和对兵力兵器进行指挥控制的基本依据。信息内容包括雷达情报、技侦情报、航管信息、气象信息、电子对抗情报等。基本功能是：提供目标空间状态信息，包括目标坐标数据和运动参数（速度、航向等）；提供目标特征参数，包括目标性质、属性等。

作战辅助决策软件 包括威胁估计软件、兵力兵器分配软件、作战计划生成软件、作战模拟评估软件等。基本功能是：空中战场环境分析、威胁估计，地空协同、任务区分，待战空域设置，目标诸元和突防概率计算，航线冲突查找，作战方案拟制、管理，战役出动最优方案和最大出动量计算，空降作战方案选择和战术计算等，为实时指挥提供依据。

作战指挥控制软件 分为作战方案

制定和兵力兵器控制两类软件。作战方案制定软件包括作战辅助决策、作战模拟评估、兵力兵器分配、作战计划生成等模块。兵力兵器控制软件包括对空指挥引导、地面防空指挥控制、电子对抗指挥控制等模块。基本功能是：值班序列和作战兵力掌握，反空袭及进攻作战实时指挥引导，空降作战、协同作战指挥引导，干扰类型识别和电子对抗方案选择，地面防空武器战术诸元计算、火力分配及火力单元控制等。

作战保障软件 包括作战模拟训练、系统监控软件等。基本功能是：提供系统模拟训练环境和手段，实现全系统推演；监测、监控系统运行状态，保障系统正常运行；起草、存贮、收发、转发作战文电；作战、训练全过程的记录、重演等。

空军作战应用软件的开发通常由军事指挥人员、运筹分析人员、软件建模人员和程序设计人员共同完成。应用软件的研制要符合软件工程规范，通常分为：提出任务、需求分析，软件建模、软件设计，程序编制、调试、测试和软件维护等几个阶段。软件建模指用数学方法、信息处理方法或人工智能方法将指挥控制过程中各种实际问题加以描述，形成完整的软件模型和算法，是软件开发的基础和关键环节。系统功能、可靠性、可运行性、易维护性和安全保密性是评估空军作战应用软件质量的主要特性。软件信息处理过程包含科学计算、数据处理、知识处理3个层次，主要应用技术包括系统建模技术、模拟仿真技术、信息融合技术等。

随着现代科学技术的发展，空军指挥自动化作战应用软件的应用范围将向空天地一体化、攻防兼备、精确打击和多兵种联合作战方向发展。 （程书有）

kongjun zuozhan jihua shengcheng ruanjian

空军作战计划生成软件 (air force operational plan generating software) 自动生成空军战役（战斗）计划的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。可为指挥员进行科学决策提供依据。通常包括各级、各兵种、各种不同任务的作战计划生成软件。

空军作战计划生成软件既要体现指挥员决心的基本精神，也要利用虚拟现实的智能化方法，将有关战役战术计算和各种方案进行优选，并模拟整个实施过程，对作战计划进行评估和反复修改，在此基础上，完成计划生成、计划显示、过程模拟、实时监控、结果评估等任务。空军作战计划生成软件一般包括作战计划模块、作战命令模块、战役战术数据模块、作战样式模块和模拟评估模块等。

随着人工智能技术和专家系统的应用，作战计划的“生成—模拟—评估—修改—生成”过程更加自动化和智能化，更贴近空军战前准备工作需要。同时将逐渐应用于作战实施阶段，依据战场实际情况，实时修改和调整作战计划。

（王晓辉）

kongjun zuozhan zhihui kongzhi ruanjian

空军作战指挥控制软件 (air force operational command and control software) 辅助空军各级指挥员对部队实施指挥控制的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。通常建立在指挥控制模型的基础上，依据情报和其他数据资料，自动为指挥员提供决策支持。可分为作战方案制定和兵力兵器控制两类软件。作战方案制定软件包括作战辅助决策、作战模拟评估、兵力兵器分配、作战计划生成等模块；兵力兵器控制软件包括对空指挥引导、地面防空指挥控制、电子对抗指挥控制等模块。

空军作战指挥控制软件主要功能是：①显示作战双方态势，进行目标识别和威胁估计。②完成战役战术计算，包括武器系统的射击诸元计算、射击与毁伤效率计算、战斗行动计算、防核防生物防化学武器计算、通信与后勤保障计算、兵力火力和机动能力对比计算等。③确定兵力使用方案，分配武器和作战目标。④优化作战方案，辅助指挥员决策，辅助拟制作战计划。⑤模拟仿真作战行动，检验作战方案的合理性和可行性，预测可能的作战效果。⑥完成对空中作战飞机不同气象条件下攻防作战全过程的指挥引导。⑦完成对所属地面防空兵部队的协同和指挥控制。⑧分析战场电磁环境，融合处理多种情报，指挥电子对抗兵部队进行攻防作战。作战指挥控制软件的特点是：实时性强，可靠性、安全性、保密性高，要求人机密切结合等。

空军作战指挥控制软件发展趋势是：辅助决策向分布式、智能化发展，为各级指挥员定下决心提供有效支持；运用人工智能技术开发作战指挥专家系统，实现多平台信息融合；建立标准、通用的战术模型库和作战资料库，实现系统间信息共享和资源共享。

（康 洁）

kongjun zuozhan fuzhu juece ruanjian

空军作战辅助决策软件 (assistant decision-making software for air force operation) 辅助空军各级指挥员进行作战指挥决策的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。可协助指挥员发现和分析问题，探索决策方案，对有关方案进行评价、预测和选择，以提高决策的科学性和有效性。

空军作战辅助决策软件通过交互式人机对话等方式，将指挥员的指挥才能和计算机强大的信息处理能力及作战知识库等相结合、定性分析与定量分析相结合，对有关作战决策问题进行分析、预测、评估和优化等。主要过程是：描述和表示决策的问题，决定判别准则，在此基础上形成候选决策方案，对候选决策方案进行评价，从中选择满意的结果，如果判定在候选决策方案中找不到满意结果时，将提出下一步如何修改候选决策方案，然后重新开始新一轮的评判和决策，最后输出决策结果。

空军作战辅助决策软件由模型库模块、数据库模块、图形图像模块、知识库模块、推理机模块、用户接口模块组成。①模型库模块。是作战辅助决策软件的核心，包含各种作战模型和算法，以完成特定的空军作战指挥功能。②数据库模块。对决策所需的空军部队实力、武器性能、敌军情况等各类静态信息和收集到的雷达情报、航空管制、气象等各类动态信息进行存储和管理，为指挥决策提供依据。③图形图像模块。以图形图像方式显示各种作战信息，增加信息的直观性，使指挥员易于理解和选择。④知识库模块。收集存储辅助决策的结构化知识，为决策推理提供依据。⑤推理机模块。为解决结构化决策问题所建立的虚拟现实逻辑思维推理模块。⑥用户接口模块。用于

响应用户要求，实现用户与决策支持系统之间大量的人机交互。

空军作战辅助决策软件将进一步向实现智能化辅助决策、群体辅助决策、分布式辅助决策方向发展。

（王晓辉）

kongjun fangkong zuozhan bingli bingqi fenpei ruanjian

空军防空作战兵力兵器分配软件 (forces and weapons allocation software for air force air defense operation) 辅助空军各级指挥员区分所属部队防空作战任务，确定兵力兵器使用方案的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。

空军防空作战兵力主要指航空兵、地空导弹兵、高射炮兵和电子对抗兵部队，防空作战兵器指飞机、高射炮、地空导弹、电子对抗武器等。软件计算的基础数据包括航空兵部队实力、地空导弹兵部队实力、高射炮兵部队实力、电子对抗兵部队实力、兵力编成部署、周边地区兵力部署和战场环境等。软件计算兵力兵器分配的原则通常是：①按作战地域划分。即进入高射炮、地空导弹火力范围的目标，一般由高射炮、地空导弹进行拦截，在高射炮、地空导弹火力范围之外的目标，通常由战斗机负责截击。②尽远拦截。③优先使用作战效率高的兵器。计算内容以大量的辅助计算和战场作战数据库为基础，主要包括航空兵截击地段和截击范围计算、指挥引导能力计算，地空导弹兵、高射炮兵、电子对抗兵部队作战范围计算等。

空军防空作战兵力兵器分配软件工作过程是：①判断目标属性，评定威胁等级。②对具有一定威胁等级以上的目标，根据其位置进行飞行诸元和本区域地空导弹、高射炮火力范围、最近截击线、电子对抗有效范围等计算。③对可能进入地空导弹、高射炮火力范围的目标，设置地空导弹或高射炮打击标志，为地空导弹或高射炮部队指示打击目标，同时计算己方战斗机在最近拦截线之外是否有条件拦截目标。如果无条件，判为战斗机不打击，如有条件，则判为战斗机打击，同时设置航空兵打击标志。④对不进入地空导弹、高射炮火力范围的目标机，定为战斗机打击，设置航空兵打击标志。⑤对可能进入电子对抗兵部队作战范围的目标，设置电子对抗打击标志，为电子对抗兵部队指示打击目标。⑥处理结果送有关终端显示或作为作战辅助决策软件的部分要素进一步处理，帮助指挥员完成对航空兵部队、地面防空兵部队和电子对抗兵部队进行目标及任务区分。

（王晓辉）

duikong zhihui yindao ruanjian

对空指挥引导软件 (command and guidance software for ground navigator) 辅助空军地面领航人员将飞机引向有利战术位置而编制的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。可自动解算飞机飞向目标的方案及引导数据，引导人员据此对空中飞机实施引导，提高对空引导的精度和效率。按照作战过程可分为领航计算软件和实时引导解算软件。

领航计算软件 主要在作战准备阶段使用。包括：①地图作业软件。根据作战计划计算领航准备数据，包括航线飞行时间、距离、航向、用油以及为准时到达某地（点）而确定飞机起飞时刻等。②巡逻计划软件。为多机场多空域巡逻任务提供兵力出动计划时序表，包括出动批次、最小使用兵力、飞机起飞降落及进出空域时刻表等。③冲突查找软件。按指定冲突条件查找多条航线的飞行冲突点，给出航线调配建议。④模拟训练软件。产生具有战术背景的模拟空情，用于模拟训练和真假空情混合训练。

实时引导解算软件 主要在作战实施阶段使用。包括：①三线解算软件。根据目标的信息和所选出动机场的兵力、兵器，计算拦截作战飞机起飞时机，保证空中飞机有可能在预定的截击线(地段)对目标实施截击。当发现不能保证在预定截击线截击时，计算出可能截击位置。②出航解算软件。推测飞机出航状态，调整空中飞机的高度、速度、航向，达成战术优势。③拦截解算软件。根据敌我态势提供最佳接敌机动方案，使空中飞机隐蔽、迅速接近目标，先敌发现，占据有利攻击位置。④返航解算软件。计算引导空中飞机飞至指定机场安全降落的应飞数据，提供空中飞机剩余油量异常告警功能，当发现难以在预定机场降落时，提供去备降机场的飞行数据和剩余油量计算结果。⑤航行解算软件。完成飞机转场、会合、专机保障、截击训练等航线飞行的引导计算，包括转弯时机计算、偏航修正、准时到达计算等。⑥空域管理软件。引导飞机飞至指定空域，对空域内飞机的活动时间、空间位置、飞行安全等情况进行监视和告警。

对空指挥引导软件发展趋势是：实现指挥引导软件对武器系统的自动控制；实现新机型指挥引导软件的开发和新战法的研究平台，使软件满足现代战争武器发展的要求；扩大适用范围，软件开发更加模块化，功能组合更加灵活。

（康 洁）

dimian fangkong zhihui kongzhi ruanjian

地面防空指挥控制软件 (command and control software for ground air defense) 辅助空军战役指挥员对地空导弹兵、高射炮兵等防空部队进行指挥控制的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件组成部分。主要功能是：①接收并处理来自指挥员的作战指挥干预命令和其他作战指挥分队的作战协同请求，完成地面防空兵与歼击航空兵的协同(区分目标协同、高度协同、方向协同、空域协同)数据的处理。②根据指挥员的决心生成作战计划、命令指示、预先号令，为指挥人员查阅部队作战实力、值班兵力、战斗部署、战斗准备、空情数量、任务区分、战斗决心与实施等提供信息。③及时、准确地计算来袭目标的速度、相对各火力单位的距离、航路捷径、批次间隔、到达火力范围的时间等，必要时（有干扰）可推测目标航线。④自动或在人工干预下进行目标威胁等级判断，优选分配方案，实施目标分配。⑤及时、准确地向下级传送雷达情报，指示、校对目标坐标。⑥模拟产生具有一定战术背景的空情，供指挥所战勤人员进行专项模拟训练，带动下级指挥所、部队战勤人员的模拟战术训练。将进一步提高实时性、可靠性、安全性和智能化水平，改善人机交互环境。

（曹鲁湘）

kongjun dianzi duikang zhihui kongzhi ruanjian

空军电子对抗指挥控制软件 (command and control software for air force electronic warfare) 辅助空军战役指挥员对电子

对抗部队进行指挥控制的作战应用软件。空军指挥自动化作战应用软件组成部分。指挥控制的过程是：接收电子战情报，融合处理其他各种情报，对战场电磁环境进行分析（战场电磁态势分析），据此制定电子战方案，指挥电子对抗部队进行攻防作战。

空军电子对抗指挥控制软件具有电子侦察、电子防御和电子进攻的指挥控制功能。具体是：①接收、处理雷达情报信息，对预警机、侦察机、电子干扰飞机的侦察情报信息，下属部队提供的侦察情报信息、武器配置信息，武器状态信息，武器能力数据，任务区分信息，值班兵力信息，运用有效的融合算法，进行融合处理。②对融合后的情报进行目标识别、威胁估计。③根据所属武器性能、目标威胁等级等分析空中态势，确定目标的跟踪与压制要求，进行目标分配，分析武器作战方式。④分析各类电磁设备的电磁相互作用影响，实施频谱管理。⑤分析防区内有源探测设备、无源侦察设备、压制武器合理布防或配置。⑥生成对所属电子对抗部队下达的作战计划、命令指示、预先号令。⑦能模拟一定的战术背景，组织各级部队的自主战术演练、组合战术演练及全系统的组合演练。

空军电子对抗指挥控制软件将向更加自动化、智能化（具有自适应能力和快速决策能力，能自动、快速地选取最佳策略）、更强的电子防御能力（如防电磁炸弹、防“黑客”侵袭、防病毒侵袭）、更可靠和人机界面更友好的方向发展。

（曹鲁湘）

kongjun qingbao zonghe chuli ruanjian

空军情报综合处理软件 (air force information integration processing software) 对进入空军战役级以上指挥自动化系统中的各种情报进行融合、相关处理的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件组成部分。处理的主要内容是雷达情报、技术侦察情报、航空管制情报、气象情报、电子对抗情报等。其中雷达情报包括直通雷达站空情、综合空情、远方空情以及模拟想定空情等；技术侦察情报包括敌情通报、技术侦察航迹报、综合整编报等；航空管制情报包括飞行计划报、飞行动态报以及航空管制雷达情报等；气象情报包括气象云图、气象实况报、高空风报以及航危报等；电子对抗情报包括侦察报、干扰通报及对抗通报等。

空军情报综合处理软件对目标空间状态和属性或标识信息进行融合，包括数据变换、相关处理、跟踪以及模式识别等。此外，将空情与技术侦察情报、航空管制情报、气象情报、电子对抗情报等进行相关处理，为目标识别、计划制定、航路协调等提供支持信息。读入各种情报信息后，首先进行初级过滤，包括时间、位置、类型等校对及特征识别，对间接情报进行内容有效性、任务优先级的管理；然后对情报进行融合和相关处理，融合和相关处理的算法对于不同情报类型、不同系统有所区别。

空军情报综合处理软件采用人机结合的整理方式，一方面利用计算机快速准确地完成人不能（或难以）胜任的工作，提高速度、准确性和容量；另一方面发挥人的主观能动性，使一些需辨证思维的、计算机难以实现的事情，由人控制机器完成或对机器的工作把关审核，批准机器的一些判断决策，提高情报综合整理的质量。

空军情报综合处理软件将向减少人工干预的次数、提高人工干预的质量、改善人机交互界面、改进算法、提高综合处理速度和实时性方向发展，使软件的可靠性、安全性、智能化程度进一步得到提高。

（曹鲁湘）

kongzhong mubiao shibie ruanjian

空中目标识别软件 (air target identification software) 依据收集到的空中目标信息，自动判定飞机、导弹、气球等目标的真伪、属性、性质的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。真伪识别是从各种背景噪声及干扰所形成的假目标中分辨出真实的目标；属性识别即敌我识别，用于确定目标属于敌方、己方或友方；性质识别是对目标的类型、型别及数量的判别。空中目标的准确识别是对战场态势作出正确判断的前提，是估计目标威胁程度、作战企图及辅助指挥员战术决策的主要依据。

空中目标识别软件基本工作过程是：①信息预处理。接收各种探测器获取的有用信息，并将信息转换为后续软件可用的格式。②特征提取。从接收的数据中提取最有利于目标识别的信息，并对特征信息编码，建立目标特征数据库。③分析判断。将输入的待识别目标特征信息与目标特征数据库的信息进行分析、比较，计算机根据预定的判断原则自动判别，得到目标识别结果。

目标识别算法通常采用数据融合技术来实现，可分为3类：①物理模型。按目标特性分类建立不同类型的目标数据模型，通过对物理模型预测数据和实际探测信息的关联匹配实现目标识别。②认识模型。模仿人类识别目标中处理信息的方法，运用经验性知识进行分析推理，得出识别结果，包括专家系统、模糊理论等技术。③参数分类。依据经各种途径获取的大量信息对目标特征参数进行估计，识别结果通过估计参数与所识别属性或性质的直接映象获得，如基于统计方法的经典推理、贝叶斯推理和D—S证据理论，以及基于信息理论的聚类分析、自适应神经网络、熵法等。

海湾战争后，空中目标识别软件的发展受到各国军方的高度重视，专家系统、自适应神经网络技术、模糊识别技术等在该领域具有重要的应用前景。任何单一方法都很难获得满意的识别结果，有效的目标识别将向多种技术、多种方法的综合应用方向发展。

（林　明）

yichang kongqing gaojing ruanjian

异常空情告警软件 (abnormal air situation warning software) 对接收的空情目标信息进行自动分析、判断，发现异常空情信号后，实时告警或预警的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。可为空军指挥自动化系统的日常值班和作战指挥提供必要的警示。

异常空情告警软件对空情目标进行告警或预警的情况有：航空器进出国境线上空；航空器进出规定的海域上空；航空器进出空中禁区；航空器偏离固定航路、航线或空中走廊；航空器按飞行计划偏离航路、航线或空中走廊；航空器之间的垂直、纵向、横向间隔小于安全间隔；航空器与地面障碍物之间的垂直、纵向、横向间隔小于安全间隔；航空器飞行航线冲突；属性为“敌”或“不明”的航空器与所属保卫目标之间的相

对距离和方位低于预警距离和角度。

异常空情告警软件工作原理是利用地理信息系统的原理和方法，预先建立各类基础相关模型及判断规则，实时接收、处理多种情报及人工干预指令，对航空器的各种参数进行数据变换、跟踪和相关分析判断。其工作过程是接收并处理雷达、技术侦察、航空管制、电子战、预警机等多种情报及人工干预指令，建立或动态修改空域类、航线类、态势类、时间类相关模型和判断规则，对航空器的各种参数和历史状态进行分析、比较和判断，结果送其他作战应用软件和作战信息显示软件处理。

异常空情告警软件是在20世纪90年代空军指挥自动化系统普遍采用客户机/服务器的体系结构后出现的，将分散于各种作战应用软件中处理的异常或需预警的空情集中起来，在服务器端进行实时、统一的分析、判断。该软件的应用有效地节约了系统资源，提高了预警或告警的准确度。随着科学技术的发展，将与数据融合技术、人工智能技术等结合得更加紧密，更加完整、灵活、准确地对空情目标进行预警或告警。（朱荔娟）

kongjun zuozhan moni pinggu ruanjian

空军作战模拟评估软件 (air force air combat simulation evaluation software) 对空军部队和武器系统的作战效能进行计算机模拟评估的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。在防空作战、空中进攻作战和协同陆海军作战中，分析和判断敌情，估算交战双方的作战能力，计算投入作战的兵力，预测作战效果，对提出的若干方案进行模拟分析，发现各个方案的利弊，优化兵力编成、部署和协同作战计划以及各种保障预案等。

按空军作战规模，可分单个兵器作战模拟评估软件、战术级作战模拟评估软件和战役级作战模拟评估软件3个层次。①单个兵器作战模拟评估软件。对飞机、地空导弹、高射炮、雷达等武器的物理特性和双方的交战情况进行描述，主要用于研究使用单机、单炮的交战方法和规则，并为其他模型提供基础数据。②战术级作战模拟评估软件。对师以下单位的作战进行描述，包含对指挥、控制、通信和情报方面的描述，并能表示出进攻或防御中的配合机制，如编队的组成、编队战术、地面防空武器的配置和分队的协同配合等，主要用于预测作战效果，计算兵力需求和研究战术。③战役级作战模拟评估软件。描述空军战役军团或战役战术兵团的多兵种合同作战，或与陆军、海军协同作战的一系列战斗。

随着计算机技术的发展，作战模拟评估软件的应用范围和作用越来越大，对军事指挥人员的正确决策将发挥至关重要的作用。对于难以定量描述的作战指挥员经验与素质、部队的纪律性、训练程度和人员士气等，将通过开发智能型决策支持系统等寻求解决方法。

（曹鲁湘）

kongjun zuozhan moni xunlian ruanjian

空军作战模拟训练软件 (air force air combat simulation training software) 供空军各级指挥员在确定的作战背景下利用计算机开展模拟训练，以达到近似实战锻炼目的的应用软件。空军指挥自动化作战应用软件的组成部分。按模拟作战背景的规模，分为战略、战役和战术三级；按工作方式，分为全系统模拟、部分系统模拟，完全模拟和真假混合训练，独立训练或边值班边训练等；按应用类别，分指挥引导、地面防空、电子对抗、信息综合、协同作战模拟等。

空军作战模拟训练软件的基础是建立作战模拟训练数学模型，是将作战思想、作战行动、战场环境、训练评判标准等数字化、逻辑化，使复杂的作战过程和现象得以抽象与简化，以机器语言描述事物活动的本质和基本特征。其构成通常包括：①作战模拟训练模型库。②解算模块。完成模拟训练中的相关计算。③模拟训练评估与评判模块。在模拟训练前后，对训练效果进行预测，对训练成绩作出评判。④作战信息输入模块。提供人工干预手段和信息录入功能。⑤显示输出模块。以图像、图形、文字、声音等各种形式显示输出作战信息。⑥战场环境生成模块。生成战场环境，为显示输出提供数据，同时具有一定的地理信息计算功能。⑦信息管理模块。完成基础数据管理、训练过程记录、信息共享等功能。

作战模拟训练是在19世纪沙盘模型和两次世界大战后解析模型的基础上，随着计算机技术和军事运筹学的发展而产生发展起来的。计算机作战模拟训练具有易于实现，易于操作控制，特别是能节省时间和经费，便于分析总结等优点，已经成为现代军事训练的重要辅助手段。随着模糊理论和模糊控制的广泛应用，人工智能技术和虚拟现实技术已进入作战模拟训练中，可提高作战模拟的真实感和可信度，实现概念或构想的可视化和可操作化，为作战模拟训练软件的发展提供新的应用前景。

（程书有）

kongjun zhihui zidonghua zuozhan zhicheng ruanjian

空军指挥自动化作战支撑软件 (operational support software of air force command automation) 为空军作战应用软件的开发和运行提供支撑功能软件的统称。空军指挥自动化软件系统的组成部分。空军作战应用软件的重要基础软件。主要包括数字地图、图形显示、文电系统、数据库等支持软件。

数字地图支持软件 包括对扫描输入的像素地图的矢量化识别处理、数字地图图元的分层存储管理以及地理信息的提取、存储和管理等软件。选择要求是：符合国军标要求，以利于各自动化系统的移植和显示使用，以便按此标准对数字地图、态势图文件进行存取、识别和显示；有利于建立地理信息系统，有利于多个标准图幅的拼接显示，有利于数字地图文件的存储、管理和传输等；输入手段的选择考虑地图输入效率和数字地图使用(显示)效率；减少数字地图所占的存储空间。

图形显示支撑软件 用于显示底(地)图和在其上叠加静态、动态目标态势图形。选择要求是：数字地图文件的生成和读取显示用同一标准，并符合国军标要求；军事部署、装备及作战要素的表示符合国军标的规定；具有通用的图形标绘功能，如点、线、矩形、圆等基本图元，以及显示画面的开窗、放大、漫游、定位等图形处理功能；动态图形要有图文结合功能，并与底图一样，具有分层(分级)显示、存储管理功能；具有图上计算功能，如距离计算、方位计算等；具有动态图形文件的生成、管理、显

示功能。

文电系统支撑软件 可购置并纳人指挥自动化系统的文电系统。除应具有通用的文电功能外，还应考虑：上下级的互通；传输图形和格式文本文电；能保证文电的实时性。

数据库支持软件 由于数据库系统的选择与指挥自动化系统的功能紧密联系，通常要求数据库支持软件应有兼容性、分布性、准确性和保密性。①兼容性。包括系统内配置的数据库之间的互通和与外部系统数据库的兼容。在符合国军标或统一工程标准的前提下，尽量选择相同的数据库系统，或选择可兼容或易于转换的数据库系统，数据库的选取还要考虑与图形、图像、语音、文电等的结合使用问题。②分布性。既要考虑自动化系统内的数据库具有分布特性，还要考虑本自动化系统在其隶属的大系统中的数据库分布特性，如考虑数据库系统及内模式设计中的统一编码、数据项名称和标识的一致性等。③准确性。数据库中作战资料及兵器基础数据应准确，并便于维护更新。④安全保密性。既要有利于数据加密存取，又要有利于使用权限的控制等。

对空军指挥自动化作战支撑软件的要求是：①整体性。支撑软件是按照总体化要求而设计的一个整体，所包含的各项软件应能相互配合，支撑各个软件工程项目的研制和维护。②扩充性。支撑软件中所包含的工具组随时可以修改和补充，工具组中所含的工具不是固定不变的。③层次性。支撑软件本身是层次式的，即区分为若干层，如宿主层、核心层、基本层和应用层等，从不同的层次上支撑应用软件的开发。④移植性。支撑软件可方便地从一台宿主机移到另一台宿主机上。⑤可靠性。支撑软件可以不受或少受来自用户和系统的错误影响。

（曹鲁湘）

kongjun zuozhan shujuku

空军作战数据库 (air force operational database) 应用于空军指挥自动化作战系统，按照一定的数据模型组织、存储和使用的互相联系的数据集合。数据内容包含空军作战指挥中态势显示、决策支持和指挥控制所需要的各类静态、动态信息。各类信息按其内在规律被抽象成数据结构存储在数据库中，利用数据描述语言和数据操纵语言实现信息查询和数据更新，并由数据库管理员管理、维护，保证数据的一致性、完整性和安全性。信息形式包括文字、表格、图形、图像、语音等。

空军作战数据库按存储和加工处理结构，分为集中式、并行式和分布式系统。按采用的数据库模型，分为关系模型、网状模型和层次模型。关系模型是一些独立的或相关联的表的集合，表中每行是一系列相联系的数据，是主要的数据模型；网状模型是把数据用记录的集合表示，数据间的联系用链接表示；层次模型是把记录组织成“自顶向下”或“倒挂树”的结构。按数据的维护使用可分为两层、三层或多层结构，数据录入采用人机交互或自动采集加工方式。两层结构分为客户端和服务器端，客户端进行表格生成、报表书写和图形用户界面等，服务器端负责存取结构、查询计算和优化、并发控制等。互联网是多层结构的典型应用，客户端使用标准的浏览器，客户的请求启动服务器端的中间层进程，进程执行访问控制、事务规则和数据库访问等操作，并把操作结果表示成格式化语言返回给客户显示。空军作战的特点是空间范围广、实时信息量大，分布式和实时自动采集数据技术的应用尤为广泛。发展趋势是研制数据库机，直接实现数据库管理系统功能；发展和使用空间数据库、多媒体数据库、移动数据库等。

（陆宇飞）

kongjun zhihui zidonghua xitong ruanjian weihu

空军指挥自动化系统软件维护 (software maintenance of air force command automation system) 对空军指挥自动化系统各类软件进行调整和修改完善的活动。通常由空军各类指挥自动化系统的系统管理人员、战勤人员和应用软件研制人员完成。

软件维护的内容是：①改正性维护。使用期间，对软件中存在的错误进行诊断和改正。②适应性维护。由于新技术的出现、武器装备的更新换代等，使系统需求有所改变，包括系统硬件更换、支撑软件升级、运行环境更新等，要求应用软件为适应这些变化所做的软件修改。③完善性维护。根据用户提出增加的新功能和修改已有功能的建议，修改软件。④预防性维护。为提高系统的可维护性和可靠性所做的软件修改。⑤系统运行维护。为保证系统稳定和方便使用，对系统的运行环境和运行参数所进行的维护工作，包括访问权限、网络域名、系统资源、软件运行参数等。⑥数据维护。对软件支持和管理的数据资源所进行的维护工作，如地理信息、数据库信息等。⑦安全性维护。防止计算机病毒和“黑客”的人侵，对关键数据和运行中的软件进行实时监测、告警和及时备份等。

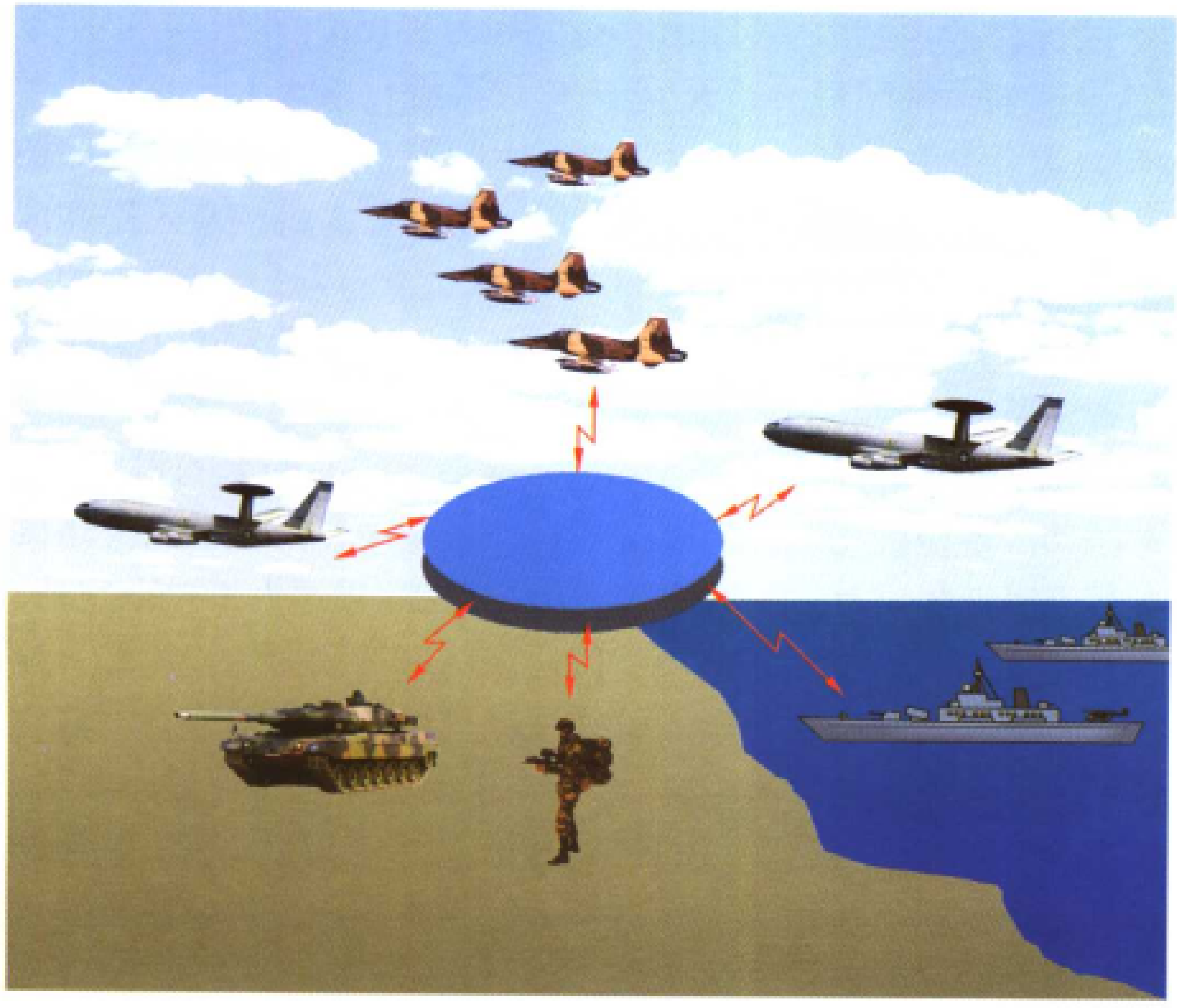
软件维护的过程是：收集维护信息，确定维护类型，申请与审批，计划与实施，复查、评审与验收，做好维护记录。软件维护人员应熟悉空军有关系统的战术使用要求、作战指挥程序、软件功能和应用环境，熟练使用软件维护工具。软件开发人员需采用先进的系统软件结构、开发平台及软件开发工具，建立完整的文档，并保持文档与软件的一致，为系统软件维护奠定基础。

随着计算机技术的发展，不断出现新的软件设计思想、软件开发工具、系统诊断测试工具、系统管理工具和系统监控工具，空军指挥自动化系统软件的可维护性将会显著提高。 （陆宇飞）

lianhe zhanshu xinxi fenfa xitong

联合战术信息分发系统 (joint tactical information distribution system) 美国陆军、海军、空军联合使用的将战场上敌我态势实时传递给各级指挥员，并向多种武器平台传送指挥和控制命令的数字信息的分发系统。英文缩写为JTIDS。具有综合通信、导航和网内识别等功能，具有多网络、大容量、保密、抗干扰、时分多址的特点。是三军联合作战时实施指挥、协同通信和实现网内资源共享的重要手段。

组成 由若干个用户终端（简称端机）、统一的抗干扰信道、网络管理分系统和保密分系统构成。①端机。根据装备对象，可分为若干类型，常用的是I类和II类。I类端机功能较全，发射功率较大，一般用于预警机、指挥飞机等大型飞机，重要舰船和地面指挥所。II类端机一般发射功率较小，体积重量也比较小，主要装备于小型作战飞机。其他类型的端机主要是根据特殊的用途而设立的，如只收



联合战术信息分发系统示意图

不发、一次性使用等。②抗干扰信道。工作在L波段，采用扩跳频方式的抗干扰技术体制。③网络管理分系统。是JTIDS网络内部时隙分配和网络之间交换信息的控制核心，可保障系统运行并提供技术支持，具有网络结构形成、网络动态管理、数据库管理、网络重构等功能。④保密分系统。是JTIDS的信息安全保障和技术支持，由端机保密机、安全保密管理中心和保密网等部分组成。

技术特点　采用频带较宽的跳频、直扩、跳时、差错控制编码和信息加密等技术，使系统具有较强的抗干扰能力、较低的信号截获概率和良好的数据、话音通信安全性能；可将预警机和地面监视雷达站的雷达情报数据以及指挥所收集、处理形成的战场态势向所有战术单位进行分发，实现数据共享；采用统一的数据格式进行设计，为三军联合作战协同通信提供一种可靠的手段；利用中继转发功能，可以解决舰队之间的超视距数据传输和对作战飞机的超视距引导；系统网络内没有固定的控制节点，系统的时间基准和导航定位基准可以自由移动，使系统具有很强的生存能力和重建能力。

发展概况　联合战术信息分发系统从概念形成到研制、生产和使用，经历了20多年的时间。1974年，美军正式启动JTIDS项目，参与的军兵种有空军、海军、陆军和海军陆战队。到80年代初步形成了系统的作战能力，主要用于以E-3A预警机为中心的防空预警与指挥控制系统中。此外，美、英等国从1987年开始，联合研制一种称为多功能信息分发系统（MIDS）的设备，即小型化的II类端机，美国已开始使用，用作军航新航行系统数据通信设备（大型飞机除外）。1991年海湾战争中，JTIDS第一次受到实战的检验，参战的美军和北约的E-3A、E-8A和EC-130飞机都装上了I类端机，能实时掌握空中的态势，安全有序地实施高密度的空中作战行动。1999年北约空袭南联盟时，以美国为首的北约在作战区域至少部署了两架装有JTIDS的预警机，对压制南联盟空军防空部队，空袭南联盟重要目标起到了重要作用。

（曹建平）

Saiqi xitong

“赛其”系统　(SAGE system)　北美航空航天防御司令部作战指挥使用的半自动化防空预警和指挥系统，代号为416L。“赛其”一词是英文Semi Automatic Ground Environment的缩写词SAGE的音译，原意为地面半自动化系统。用以收集、传递、处理、显示空情以及防空兵器战备状态的信息，探测、跟踪和识别来袭的飞机，并指挥地空导弹和引导歼击机进行拦截作战。

组成　由北美航空航天防御司令部防空指挥中心、防空区指挥控制中心、雷达站以及通信设施等组成。该系统在北美大陆的8个防空区中，建立了21个指挥控制中心，部署了36种214部雷达，其中远程警戒雷达、引导雷达和测高雷达等127部，低空补盲雷达87部。通信设施主要采用架空明线、电缆、短波通信设备以及对流层散射通信设备等。各指挥控制中心配有：AN/FSQ-7和AN/FSQ-8真空管计算机各一台，其中一台工作，另一台处于备用状态；大屏幕显示设备和近百个显示控制台。

主要任务　自动搜集和半自动处理责任防区内的空情，识别目标；半自动收集和自动处理防空兵器战备状态和战斗活动的情报；半自动选择攻击目标的防空兵器；自动计算和绘制歼击机拦截目标的飞行航线并引导歼击机拦截目标；半自动地为地空导弹和高射炮部队提供目标指示；自动地在大屏幕显示设备和显示控制台上显示空情；自动地向北美航空航天防御司令部上报空情，并与相邻的指挥控制中心和空中交通管制中心交换情报；对战勤人员实施训练等。

性能　每个指挥控制中心能处理300～400批目标信息，并能同时对100批目标实施引导控制；自雷达发现目标后，情报传送到原北美防空司令部的防空指挥中心时延为15秒。各指挥控制中心除了从所属雷达站获取空情外，还从原北美防空司令部部署的远程预警线、中加拿大预警线和松树预警线的雷达站以及“人造雷达岛”——德士古塔、雷达哨舰和预警机获取空情。

发展概况　美国于1950年开始研制“赛其”系统，1958年初第一个指挥控制中心投入使用，1961年底21个指挥控制中心全部建成。为了提高“赛其”系统的生存能力和可靠性，1968年建立备用拦截控制系统即“贝克”系统，作为“赛其”系统的备用系统，整个系统称为“赛其/贝克”系统。1979年，“赛其/贝克”系统在组织结构上发生了很大变化，将北美大陆划分为8个防空区，其中7个防空区保留一个“赛其”指挥控制中心，并辅之以两个“贝克”引导中心，另一个阿拉斯加防空区则保留了人工控制中心。由于“赛其/贝克”系统存在自动化程度低、低空性能差、系统庞大、可靠性差、维护费用高等缺陷，1984年建立联合监视系统，取代了“赛其/贝克”系统。

（崔君望）

Beike xitong

“贝克”系统　(BUIC system)　北美航空航天防御司令部作战指挥使用的战斗机指挥引导的备用系统。是“赛其”系统的备用系统。“贝克”一词是英文Backup Interceptor Control的缩写词BUIC的音译，原意为备用截击机控制。“贝克”系统是各引导中心的泛指和统称。

“贝克”系统的引导中心内部配置有：①数据处理设备。包括2台互为备份

的晶体管计算机以及外部存储设备。②数据显示设备。包括约10个显控台，每个显控台装有空情显示器和表格显示器。③软件程序。包括防空计算机程序、系统演习计算机程序、通用计算机程序和维修计算机程序。④雷达终端设备。包括AN/GSA-51A雷达终端。⑤通信设备。包括内部通信设备和地空通信设备等。每个引导中心都编配有操作、维护人员，这些人员大致可分成作战监管组、空情组、武器引导组、人工数据组、技术维修组，以及必要的支援保障组等。

“贝克”系统从20世纪60年代起先后经过“贝克”-Ⅰ、“贝克”-Ⅱ和“贝克”-Ⅲ三个发展阶段，共建设了15个“贝克”引导中心。80年代中期，“赛其/贝克”系统被联合监视系统取代。

（许同和）

lianhe jianshi xitong

联合监视系统 (joint surveillance system) 北美航空航天防御司令部用于防空预警、指挥和空中交通管制自动化的系统。代号为AN/FYQ-93。“联合”有双重含义：一是指系统获得的空情由美国、加拿大两国联合使用；二是指系统获得的空情在美国则由空军和联邦航空局联合使用。用于自动搜集、处理、传递、显示空情以及防空兵器战备状态信息，探测、跟踪和识别来袭的空中目标，并指挥引导防空兵器进行拦截作战，平时则用于空中交通管制。

联合监视系统由北美航空航天防御司令部作战指挥中心、防区作战控制中心以及雷达站、通信设施等组成。①作战指挥中心主要负责掌握空中态势，制定防空作战方案，下达攻击决心和申请增援，但不负责防区的战术活动。②防区作战控制中心是各防区的防空作战指挥所，任务是自动搜集和处理来自各雷达站报知的空情，掌握本防区的空情态势，识别来袭的空中目标，指挥引导防空兵器进行拦截作战，及时向北美防空防天司令部作战指挥中心上报空情，并与相邻的防区作战控制中心和联邦航空局有关单位互通空情，还从北方预警系统的雷达站和其他观察报知设备获取空情。平时负责协调、管制军用和民用空中交通。系统有8个防区作战控制中心：美国本土的东北、东南、西北和西南4个防区，各设置1个防区作战控制中心，分别位于纽约州格林菲斯、佛罗里达州廷德尔、华盛顿州麦克乔德和加利福尼亚州马茨的空军基地；阿拉斯加和夏威夷防区各设置1个防区作战控制中心，分别位于埃尔门道夫和惠勒的空军基地；加拿大在安大略省诺斯贝设置2个防区作战控制中心。每个防区作战控制中心装有3套双机配置（主机、备份机）的计算机，以及配套的各种外围设备、辅助处理设备和20～30个显示控制台。③雷达站是系统的情报来源，将不同类型的雷达，根据作战要求部署在一定地域内。系统共辖80余个雷达站、约200部雷达。典型的雷达站一般配有3部雷达，包括远程警戒雷达、测高雷达和远程航线监视雷达。在美国东南海岸还部署了4部系留气球载雷达，监视加勒比海方向，探测低空和海面目标，配合美国海关部署打击贩毒走私活动。④通信设施主要是使用美军国防通信系统的各种设备以及向商业电信公司租用的设备，如电缆通信线路、光缆通信线路、微波接力通信设备和卫星地面终端站等。另外，每个防区作战控制中心还装备有预警指挥飞机，为系统提供低空情报，必要时可接替指挥控制。

战争或危机期间，防区作战控制中心将指挥和控制任务转交给E-3A预警机承担。E-3A预警机将获得的情报直接传送给北美航空航天防御司令部，还能通过E-4高级空中指挥所飞机与总统和空军首脑联系。和平时期，则将指派6架E-3A预警机与联合监视系统组织协同。

美国于20世纪70年代初提出“革新北美大陆防空系统计划”，开始研制联合监视系统；1983年3月，联合监视系统的第一个防区作战控制中心交付使用；1984年3月，北美大陆7个防区作战控制中心全部投入运行；1988年，位于夏威夷的第8个防区作战控制中心开始服役。90年代中期，为更换联合监视系统中服役的老雷达，在美国本土周边地区以及夏威夷、关岛等地，部署了40余部ARSR-4新型的无人值守、三坐标、远程监视雷达，取代了联合监视系统中原有的旧式雷达。联合监视系统较之“赛其/贝克”系统，不仅自动化程度有了很大提高，还实现了军民联合、平战兼用。

（崔君望）

Tiankongyihao xitong

“天空一号”系统 (Sky-1 system) 苏联防空军中师配备的半自动化指挥控制系统。用于引导歼击机拦截入侵高度为1.5～30千米，速度为2马赫以下的飞机，并为地空导弹、高射炮和电子对抗部队指示和分配目标。

“天空一号”系统与配套的雷达、通信设备一起，负责半径500千米空域的对空作战指挥保障。采用人工录取空情，利用模拟计算机进行数据传输、综合显示和引导计算，引导歼击机进行拦截作战。指挥所内采用电子标图仪显示空情，可同时综合显示30～40批目标，引导24批歼击机进行拦截作战，引导成功率可达70%。

1958年，“天空一号”系统开始装备苏联防空军航空兵部队。1964年，系统的后继型VP-1半自动化截击引导系统首次装备在防空军和前线航空兵部队。VP-1系统将AS-1无线电通信设备、预警雷达、防区指挥中心、歼击机基地等联结成一体。VP-1系统配备有平面位置显示器和机电计算机，计算机解算的拦截航线等数据，经编码后通过ARL-N甚高频对空通信设备自动传递给歼击机的ARL-S自动数据接收设备，飞行员根据引导数据操纵飞机占据有利位置进行空战。该系统抗干扰能力差，不便于机动运输，所传输的信息量有限。

（姜作恩）

Guojingxian xitong

“国境线”系统 (Frontier Line system) 俄罗斯联邦空军航空兵战术级地面机动式指挥自动化系统。用于歼击航空兵旅（团）实施作战指挥，引导米格-31和苏-27等作战飞机进行拦截作战。

“国境线”系统由1个主站和2个引导站组成。主站通常设在航空兵旅（团）指挥所；2个引导站分设在所属航空兵团驻地。主站包括作战指挥、引导、通信、辅助设备和自主供电等5个方舱；引导站包括引导、通信、辅助设备和自主供电等4个方舱。主站、引导站还分别配接机场塔台自动化装置以及3套地空数传设备。作战指挥方舱和引导方舱内工作席位各为4个（可扩充到6个），系统操作、保障人员共15人。

“国境线”系统主要战术技术性能

是：最多可同时处理76批空中目标；主站引导歼击机9批，引导站引导歼击机6批，全系统可同时引导歼击机21批；指挥引导距离为350～400千米；系统由日常值班状态转入临战状态时间为3分钟；引导成功率可达95%。地空数传设备采用S波段窄波束和瞬间突发脉冲技术，具有较强的通信保密和抗干扰能力。地空数据链通过36种对空引导指令，直接控制歼击机上的自动驾驶仪和火控雷达。此外，为适应多种型号飞机的指挥引导，该系统还配有VHF/UHF波段P-997单向数传电台，向飞行员发送坐标修正量，目标的距离、方位和航向，己方飞机的航向、速度等39种指令。

20世纪80年代，苏联研制出“国境线”系统。90年代，俄联邦空军航空兵部队普遍装备使用。 （石连珠）

Naiqi xitong

“奈其”系统 （NADGE system） 北大西洋条约组织防空作战指挥使用的半自动化预警和指挥控制系统。“奈其”一词是英文Nato Air Defense Ground Environment的缩写词NADGE的音译，原意为北大西洋条约组织地面防空系统。是将挪威、丹麦、德国、芬兰、比利时、意大利、希腊、土耳其、西班牙和葡萄牙等10个国家的防空系统连接在一起而形成的。英国的防空指挥自动化系统（UKADGE）与其接口。法国的斯特里达防空系统（STRIDA）的报知和控制功能与其共享。

“奈其”系统主要由雷达站、预警机、预警机地面配套设施分系统、指挥控制信息分系统等组成。①雷达站。主要使用AR-320、HADRH-3000、AN/FPS-117、RAT-31S等三坐标远程监视和引导雷达以及LASR、MPDR30/1等两坐标低空补盲雷达，功能是为“奈其”系统提供综合的雷达情报信息。②预警机。共有18架E-3A飞机、7架E-3D飞机以及4架E-3F飞机，功能是进一步扩大“奈其”系统的预警范围和提高低空探测能力。③预警机地面配套设施分系统。可将预警机获得的信息提供给“奈其”系统，并实时地分发给从挪威到土耳其的40多个地面指挥控制中心。各指挥控制中心内安装有大型计算机和联合战术信息分系统的Ⅰ类端机，用于指挥引导防空武器拦截入侵的敌机。④指挥控制信息分系统。可向北约指挥官提供己方部队的战备与部署以及敌方的空中活动等信息，还可利用其制定部队作战计划，传递与分发作战命令。

“奈其”系统是20世纪60年代开始装备使用的，因难以适应现代作战的需求，1979年底，北约提出“欧洲盟军司令部防空系统更新发展计划”，1982年3月正式启动系统的更新发展工作，1985年开始建设自动空域指挥与控制系统，已于2000年建成投入使用。“奈其”系统仍在进一步发展和完善。 （龚荣兴）

Baqi xitong

“巴其”系统 （BADGE system） 日本航空自卫队防空作战指挥使用的自动化预警和指挥控制系统。“巴其”一词是英文Base Air Defense Ground Environment的缩写词BADGE的音译，原意为基地防空警戒控制系统。用于自动搜索、处理空情，识别和判定目标性质，显示目标位置、航迹等数据，提出拦截兵器种类和拦截作战方案，引导战斗机作战，自动记录空战和指挥情况，并实时地把各种情报数据传输给有关单位。

“巴其”系统由防空作战指挥中心、防区指挥管制中心以及预警机、雷达站和通信设施等组成。①防空作战指挥中心。设在日本东京附近的府中，负责综合指挥整个日本的防空作战。②防区指挥管制中心。全国共分北部、中部和西部3个防区，各防区的指挥管制中心分别设在三泽、入间和春日等地，负责各防区的防空作战指挥和控制；在各级指挥中心内配置高效能的计算机、大屏幕空情显示器及其他显示设备等。③预警机。包括13架E-2C预警机和4架E-767预警机。其中E-767预警机配备的AN/APY-2雷达、通信和情报系统，能直接与“巴其”的地面系统、作战飞机和E-2C预警机联网，可连续24小时实施大范围的空中警戒，构成本土及周边远海、空域预警网，能有效探测日本列岛周边650千米范围内高、中、低空飞行目标，提供30分钟的预警时间。④雷达站。包括28个固定式雷达站和12个移动式雷达站，分别采用J/FPS-3多波束三坐标监视雷达和J/TPS-102频、相扫描体制的三坐标监视雷达。⑤通信设施。包括短波通信、微波通信及卫星通信设备等，将防空作战指挥中心、防区指挥管制中心、各雷达站、预警机以及作战飞行部队、防空导弹部队的指挥系统连为一体。

日本1968年开始研制“巴其”系统，1978年投入使用。为适应现代作战的需要，1983年开始对“巴其”系统全面更新，1989年3月基本完成，改造后的系统在反应速度、信息传输准确性和对付多目标能力等方面均有显著提高。 （徐 惕）

Qiangwang xitong

“强网”系统 （Strong Net system） 台湾当局空军防空作战指挥使用的自动化预警与指挥控制系统。用于自动搜集、传递、处理、显示空情以及防空兵器战备状态信息，探测、跟踪、识别来袭的空中目标，并指挥高射炮、地空导弹和引导歼击机进行拦截作战。是台湾当局军队指挥自动化系统的重要组成部分，以台湾当局国防部的“衡山”系统为核心，与陆军的“陆资”系统、海军的“大成”系统一起，可以联合支援空地、空海作战以及统一指挥协同三军防空作战。

组成　由作战指挥中心、分区指挥中心以及预警机、雷达站、数据通信网组成。①作战指挥中心。建造在台北公馆蟾蜍山地下工事内。②分区指挥中心。系统设有4个分区指挥中心，分别设在嵩山、马山、乐山和花莲山地下工事内，每个分区指挥中心装备有大型中央计算机、软件和外围设备以及若干显示控制台。③预警机。系统配置6架E-2T预警机，部署在台湾屏东的空军基地，E-2T飞机上装载一部AN/APS-145型具有下视能力的脉冲多普勒雷达，在10千米以上高度飞行时，对低空和海上目标的探测距离可达480千米，可显示600余批空中目标，同时跟踪250批空中目标，直接引导40批飞机进行空中拦截作战。④雷达站。是全系统的情报来源，共部署46个雷达站，约有100多部雷达，包括AN/FPS-117少人值守的固态三坐标远程警戒雷达、HADR多功能三坐标机电扫描远程警戒雷达、AN/TPS-43机动式多波束三坐标引导雷达、AN/FPS-89/90大功率远程测高雷达，构成了以台湾岛西中方向为主要方向的雷达情报网。雷达对低空目标（500米以下）的最大探测距离达100千米，

对中空目标（5千米左右）可达300千米，对高空目标（20千米）可达500千米左右。⑤数据通信网。用于连接各级指挥中心、雷达站和作战部队。包括地下电缆、光缆、微波接力和卫星通信等，相互间可自动转换；为实现各军兵种系统间的互联互通，还采用了11号数据链和联合战术信息分发系统。

性能 “强网”系统的预警范围达480千米，预警时间为25分钟，反应时间为5秒，可同时处理600余批目标，引导40批歼击机实施拦截。把空军的作战飞机、高射炮指挥中心，陆军的“霍克”地空导弹阵地，海军作战中心和民航空中交通管制中心等连接起来，构成三军一体化的防空体系。

发展概况 “强网”系统是“天网”半自动化防空预警与指挥控制系统的改进型。“天网”系统是20世纪70年代开始建造，80年代初投入使用。“天网”系统的自动化程度低，反应时间长，雷达设备陈旧，功能不完善，已无法满足现代作战的需要。1986年起，台湾当局空军在“天网”系统的基础上分三个阶段建设了“强网”系统，通过建立完善的地下各级指挥中心、配备预警机、更新雷达并调整其部署、实现整体联网，将各雷达阵地，预警机、地空导弹和高射炮部队联接在一起，统一指挥三军防空作战。第一期工程于1986年动工，历时8年，于1994年8月担负战备，部分接替使用多年的“天网”系统；第二、三期工程相继于2000年前后完成。与“天网”系统相比，“强网”系统的自动化程度更高，容量提高500倍，处理速度提高60倍，处理能力提高1.5倍。（徐 旸）

航空救生技术

hangkong jiusheng

航空救生 (aviation rescue) 航空器在飞行中发生严重故障、损毁或飞行人员身体发生意外等情况时，飞行人员离机、降落、求生和营救的全过程。目的是保障飞行人员安全，保持部队战斗能力。按航空器种类不同，分为飞机救生、直升机救生、飞艇救生和气球救生等；按飞行高度不同，分为高空救生、中空救生和低空救生；按地理区域不同，分为海上救生、沙漠救生、热带丛林救生、寒区救生、高原救生等。航空救生主要是指飞机救生。

救生过程 分为离机、降落、求生和营救四个阶段。

离机 飞行人员安全迅速脱离失事飞机的过程。是救生过程的主要阶段。离机的方式有跳伞、弹射和火箭牵引3种。①跳伞。飞行人员携带伞包靠体力爬出座舱的离机方式，只适用于飞行速度小于400千米／时的飞机。②弹射。采用弹射座椅或分离救生舱与飞行人员一起弹离飞机的离机方式。弹射方式有敞开式弹射和封闭式弹射两种。③火箭牵引。利用牵引火箭将飞行人员拖曳离开航空器的离机方式，可以向上或侧方牵引离机。由于此种方式飞行人员暴露在高速气流中，只适宜某些舱口狭小、飞行速度小于600千米／时航空器上，常用于直升机救生。

降落 弹射离机后的飞行人员依靠救生伞降落到地（水）面的过程。人椅分离后在救生伞开伞前人体在空中会有各种姿势，开伞时可能会造成开伞冲击伤。在弹射跳伞时有54%的人会出现短暂的意识不清，其中95%发生在弹射至开伞阶段。开伞冲击力引起的损伤一般为软组织的挫伤或扭伤。乘伞着陆是一个很复杂的非稳定力学和生理学的过程，着陆损伤与着陆速度、人体姿势和地面状况有密切关系。着陆伤一般占弹射跳伞各阶段损伤的首位，损伤部位以下肢为多。随着降落伞技术的不断提高，伞的下降速度已不断降低，加之飞行人员着陆训练的加强，使飞行人员着陆损伤已有所减少。

求生 飞行人员离机、降落后，在陆上或海上恶劣环境中维持生命等待营救的过程。分陆上生存和海上生存两类。陆上生存分为沙漠生存、热带丛林生存、高原生存和极地生存等。个人生存能力包括生存者的心理、健康状况，所携带的生存装备以及在恶劣环境条件下生存的知识和技能。恶劣环境影响生存的主要因素有寒冷、脱水、饥饿、食物中毒、创伤、疾病、动物危害、缺氧等。根据地理区域的不同，飞行人员配备相应的生存所需设备，以保证有充足的时间等待营救。

营救 尽快寻找和救回遇险者的过程。受伤的生存者，24小时后存活的可能性减少80%，未受伤的生存者，3天后存活的可能性也显著降低。为迅速营救，必须有统一的营救组织、合理的营救程序、良好的通信、营救设备和训练有素的营救人员。营救过程分为通知、搜索、援助和救回四个阶段。营救组织接到通知后，应确定飞机失事位置和搜索区域，选择最好的搜索方式和搜索部队，制定计划，迅速展开搜索。按搜索工具不同，分为飞机搜索、舰船搜索、车辆搜索、步行营救队搜索等。按搜索方式不同，分为雷达探测搜索、无线电搜索和目视搜索等。雷达探测搜索主要依靠雷达反射装备进行；无线电搜索主要依靠搜索飞机上安装的定向仪进行，具有搜索距离远、效率高特点；目视搜索主要根据生存者发出的求救信号进行，生存者一般使用近距离信号，白天可用太阳反光镜、发烟管、海水染色剂等，夜间可用发火管、信号弹、闪光标位器等发出信号。

救生装备 用于飞行人员应急脱离航空器、降落、生存和营救装备的统称。亦称救生设备。是拯救机上遇险飞行人员的必需装备。主要有飞机救生设备、直升机救生设备、飞行人员生存求救设备、飞行人员救生防护装具、机载搜索营救设备等。航空救生装备一般指飞机救生设备。

简史 航空救生的发展主要体现在救生过程的离机方法上。1917年，德国空军的飞行员开始装备救生伞，在战斗中有1名飞行员成功地爬出被击中飞机的座舱。此后，英国、法国、美国等国家空军也相继研制和装备救生伞。但飞行速度大于400千米／时时，跳伞飞行员会被飞机尾翼撞击致死。德国从1939年开始研究弹射救生技术，于1943年装备弹道式弹射座椅，当年拯救了1名试飞员的生命。50年代这项技术得到普遍发展，由于这种装备弹射力不足，因此低空救生性能差，伤亡率较高。美国从1956年开始研究火箭弹射技术，于1958年实际应用，并有飞行人员在飞机失事中顺利脱险。英国也在1958年开始研究火箭弹射技术，于1961年试验成功。60年代研制成功了封闭式弹射座椅、分离救生舱等封闭救生系统，70年代出现了火箭牵引救生系统。中国从70年代开始，自行研制火箭弹射座椅，

救生伞系统和飞行人员救生物品，至90年代已有多种型号的火箭弹射座椅、多种救生伞和座椅稳定伞出现，飞行人员生存求救设备已形成系列。

发展趋势 在敞开式火箭弹射座椅上采用自适应技术，先进的动力控制技术和高速气流防护技术；加强飞行人员头颈部和四肢的防护能力；发展直升机火箭牵引救生系统，将歼击机火箭弹射座椅的救生技术应用于直升机救生；在生存求救设备方面增加救生电台的通信联络距离，延长救生电台电池的使用时间；应用全球卫星定位系统搜索弹射跳伞的飞行人员，改进机载搜索营救设备，使之高效准确定位，迅速安全营救。

（陆惠良 张振奇）

tanshe jiusheng

弹射救生 (ejection escape) 以弹射弹或火箭为动力将座椅和飞行人员弹离飞机并依靠救生伞安全着陆的救生方法。亦称弹射跳伞。

按弹射方向的不同，分为向上弹射和向下弹射。①向上弹射。利用火箭向上弹射的救生方式，是普遍采用的救生方式。②向下弹射。飞行人员经过座舱下部舱门弹离飞机。特点是不考虑弹射时的相互干扰，但低空救生困难，不能实现零—零弹射，除老式轰炸机上尚有采用外，已不多见。

按弹射时飞行人员是否暴露于气流中，分为敞开式弹射和封闭式弹射。①敞开式弹射。飞行人员暴露于气流中向上弹射的救生方式。使用敞开式弹射座椅进行。有抛盖弹射和穿盖弹射两种方式。抛盖弹射是先抛掉座舱盖，而后再弹射。弹射时，操纵座椅抛盖联动联锁机构先抛掉座舱盖，后弹射座椅。抛盖弹射简易，清除了弹射通道，使弹射顺利进行，但先抛盖后弹射延误时机，低空救生性能较差。穿盖弹射是强行破碎座舱盖玻璃，打开弹射通道，使弹射座椅弹离座舱。通常一种飞机上同时采用抛盖弹射和穿盖弹射两种敞开式弹射机构，仅在低空时采用穿盖弹射，以提高低空救生能力。敞开式弹射救生的过程是：飞行人员肢体定位锁紧，舱盖抛离或爆破，弹射弹打火，火箭点火，人椅弹出座舱，稳定系统工作，人椅分离，救生伞张开，飞行人员乘伞降落。敞开式弹射使飞行人员暴露于高速气流和高空环境中，须采用各种个体防护措施，并限于飞行速度小于1 200千米/时的飞机。②封闭式弹射。弹射时可自动构成封闭区间，将飞行人员与迎面气流隔开的弹射。有带离弹射、带帘式装置弹射和分离救生舱3种方式。带离弹射即带座舱盖弹射，弹射过程中，弹射座椅顶起座舱盖并与其扣合在一起，构成封闭区间遮盖飞行人员，人椅分离前，再抛去座舱盖；带帘式装置弹射是在弹射出舱前有布帘自动落下与座椅构成封闭区间遮盖飞行人员，人椅分离前又自动打开；分离救生舱是在应急时将座舱与飞机分离，并能安全降落回收的舱室。封闭式弹射具有良好的高空和高速救生性能，保护飞行人员免受高速气流吹袭及高空低压、缺氧和低温的影响，是大速度条件下弹射救生的发展，但程序复杂，可靠性和低空救生性能较差，使用的较少，适用于飞行速度大于1 200千米/时的飞机。



零—零弹射地面试验

20世纪40年代起，由于飞机的速度和高度范围的不断扩大，飞行人员靠体力爬出座舱进行跳伞已不可能，这就促使了弹射救生系统的产生和发展。普遍使用弹射座椅进行救生，解决各种不利姿态下的救生，提高救生可靠率仍是努力的方向。

（张林英）

ling-ling tanshe

零—零弹射 (zero altitude zero velocity ejection escape) 飞行人员从处于地面（零高度）、静止（零速度）、水平姿态的飞机中弹射救生的方式。是衡量弹射救生系统低空救生能力的一个极限指标。分为两级弹射：一级是利用弹射弹作为动力进行弹射；二级是利用火箭包或火箭弹射器作为动力进行弹射。分两级弹射的目的是减少弹射时飞行人员承受的过载，在规定的时间内提高弹射高度。在火箭弹射救生技术未被采用前，采用的是弹道式弹射救生方式，由于弹射弹将座椅弹离地面的高度低，可供救生利用的时间短，救生伞开伞受到限制，飞行人员救生困难。1958年开始采用火箭弹射技术，在原有弹射弹做动力的基础上，增加用火箭弹射器或火箭包做动力，将一级弹射出舱后的人椅系统，继续推动向上运动，以提高开伞的足够高度，确保救生伞展开。随着弹射救生技术的不断发展，现代飞机上采用的火箭弹射座椅都能保证高度在25千米、飞行速度在1 200千米/时以下的安全救生。

（张林英）

chuangai tanshe

穿盖弹射 (ejection through canopy) 采用破碎座舱盖玻璃的方法清除弹射通道，使弹射座椅弹离座舱的救生方式。敞开式弹射的一种形式。最初是在弹射座椅上部安装击穿装置进行穿盖，后来采用微型爆破系统炸碎座舱盖玻璃进行穿盖弹射。穿盖弹射消除了先抛盖后弹射所延误的时间，低空救生效果好，但弹射时弹射通道不如抛盖弹射时通畅。多数飞机上同时装备穿盖弹射和抛盖弹射两种弹射机构，仅在低空时采用穿盖弹射，以提高弹射救生成功率。

穿盖弹射微型爆破系统由微型爆破索和起爆装置构成。微型爆破索是一种含有炸药的柔性细索，本身具有爆破的作用，由索芯、索壳和套管组成。微型爆破索起爆后，炸药产生的冲击波将飞机座舱盖玻璃切割和破碎。起爆装置的作用是起爆微型爆破索，由击针、弹簧、壳体、击发销、起爆室和针刺雷管等组成。平时击发销处于待发状态，应急时座椅



穿盖弹射地面试验

的弹射运动拉动座舱内或座舱外的应急起爆手柄均可使击发销拔出，释放击针，刺击针刺雷管，针刺雷管的输出端正对着微型爆破索的两个自由端，微型爆破索的两端可同时由于雷管的爆轰输出而起爆。（贺 青）

daili tanshe

带离弹射 (ejection with canopy) 通过弹射座椅顶起座舱盖，并与座舱盖扣合在一起弹出座舱的救生方式。封闭式弹射的一种。一般在座舱盖上设置两对前、后带离锁，带离锁与抛盖装置相连，以便带离时先使座舱盖与飞机的联系解脱。弹射时，依靠前后带离锁把座舱盖和弹射座椅自动扣合在一起进行带离弹射。人椅分离前，椅盆底部转向气流并抛掉稳定伞，然后装在座椅上的开锁大摇臂转动释放前带离锁，当舱盖向后转动110°～140°时再打开后带离锁抛掉座舱盖，保证人椅安全分离。带离弹射可避免飞行人员受高速气流吹袭，增加了系统重量而减少了弹射过载，带离和分离的协调困难，程序复杂，使用可靠性差，在少数歼击机上使用。

（徐宏建）

hangkong jiusheng zhuangbei

航空救生装备 (aviation rescue equipment) 用于飞行人员应急离机、降落、生存和营救装备的统称。亦称航空救生设备。主要有：①飞机救生设备。安装在飞机上用于飞行人员救生的设备。主要有应急离机装置、救生伞系统、安全高度预警装置等。②直升机救生设备。安装在直升机上用于飞行人员救生的设备。主要有火箭牵引救生系统、耐坠毁座椅，水面充气救生系统和水下救生设备等。③飞行人员生存求救设备。飞行人员个人携带的用于被迫跳伞或迫降后生存和求救联络的设备。主要有急救包、环境防护装备、生命维持用品、救生联络工具等。④飞行人员救生防护装具。在飞行、应急离机以及营救过程中，飞行人员使用的救生、防护装具的统称。主要有高空、加速度、碰撞、高速气流等防护装具和生存求救设备等。⑤机载搜索营救设备。飞机和直升机上用于搜索营救遇险人员的设备。由机载搜索设备和机载营救设备两部分组成。

1797年，法国人首先从大约600米高处的气球上用降落伞跳伞成功之后，降落伞逐渐被用于气球和飞艇的救生。德国空军在第一次世界大战期间首先将降落伞用于飞机救生，于1917年首例飞机跳伞成功。第二次世界大战期间，德国首先研制并装备了弹道式弹射座椅，大约有60名飞行人员使用了弹射座椅。20世纪60年代，英国、美国研制成功了火箭弹射座椅，克服了弹道式弹射座椅低空救生性能差的缺点，满足了第三代战斗机的救生需要。70～90年代，出现了多态程序控制的火箭弹射座椅，解决了飞机倒飞、俯冲和高下沉率等不利姿态下的安全弹射救生问题。

中国从70年代开始自行研制火箭弹射座椅和与之配套的救生伞系统，以及飞行人员生存求救设备。Ⅱ型和Ⅲ型火箭弹射跳伞救生装备相继装备部队。1984年，Ⅳ型火箭弹射座椅设计定型并投入使用。90年代中期，Ⅵ型火箭弹射座椅研制成功，并具有第三代火箭弹射座椅的水平。与火箭弹射座椅配套的救生-8伞和救生-10伞系列、飞行人员生存求救设备系列以及机载搜索营救设备也同时研制成功并装备部队使用。

自发明弹射座椅后，世界上约有12 000名飞行人员使用了弹射座椅。至1993年，麦克唐纳·道格拉斯公司的ACES Ⅱ火箭弹射座椅，已有300例成功的弹射。至2004年，仅马丁贝克弹射座椅就拯救了7 000余名飞行人员的生命。90年代以后，在敞开式火箭弹射座椅上采用自适应技术、先进的动力控制技术和高速气流防护技术，使人椅系统具有自适应能力，最大限度减少了弹射飞行人员的伤亡。

（陆惠良）

feiji jiusheng shebei

飞机救生设备 (aircraft survival equipment) 安装在飞机上用于飞行人员救生的设备。主要包括应急离机装置、救生伞系统、安全高度预警装置等。①应急离机装置。飞行人员在应急情况下脱离飞机的救生装置。主要有敞开式弹射座椅、封闭式弹射座椅和飞行弹射座椅3种。敞开式弹射座椅由座椅主体、弹射操纵机构、人体约束机构、弹射动力装置、稳定减速系统和程序控制系统等组成；封闭式弹射座椅有带离弹射的弹射座椅、带帘式装置的弹射座椅和分离救生舱3种，其组成各不相同；飞行弹射座椅由弹射座椅、机(旋)翼、机身、尾翼、发动机等组成。②救生伞系统。由座椅稳定伞和飞行员个人使用的救生伞组成。座椅稳定伞包装在座椅头靠附近的伞箱或伞包内，工作时按预定程序由稳定杆或射伞枪打开，作用是减少冲击力，尽快稳定座椅。救生伞主要由伞衣、伞绳、背带系统、开伞设备等组成。③安全高度预警装置。飞行中向飞行人员提供最低安全高度的预警装置，主要是掌握安全弹射时机。由飞行参数测量装置、计算机和显示装置组成。

（彭光裕 陈 卫）

yingji liji zhuangzhi

应急离机装置 (emergency escape device) 用于飞行人员在应急情况下脱离飞机的救生装置。通常包括敞开式弹射座椅、封闭式弹射座椅和飞行弹射座椅。

敞开式弹射座椅 弹射时飞行人员暴露在气流中的弹射座椅。由座椅主体、弹射操纵机构、人体约束机构、弹射动力装置、稳定减速系统和程序控制系统等组成。主要有弹道式弹射座椅和火箭弹射座椅两种。弹道式弹射座椅是以弹射弹为动力的弹射座椅。火箭弹射座椅是以火箭为主要动力的弹射座椅。早期的敞开式弹射座椅以弹射弹为动力，一般可保证飞行人员在高度200米以上，飞行速度750～850千米/时以下安全救生，速度过大弹射时，座椅可能与飞机垂尾相撞，或因高速气流吹袭造成飞行人员损伤。新型的敞开式弹射座椅采用弹射火箭作主要动力，弹射轨迹显著提高，解决了低空救生和撞垂尾问题；采用先进的稳定减速系统、人体约束系统和个体防护装具，有的还用导流板，提高了抗高

速气流吹袭的能力，一般可保证飞行人员在飞行速度小于1 200千米/时，高度25千米以下的安全救生。结构简单、重量轻、方便易行、使用可靠，但必须采取保护飞行人员免受环境的损害。歼击机、强击机、轰炸机等飞机上使用的弹射座椅多数是敞开式弹射座椅。

封闭式弹射座椅 弹射时可自动构成封闭区间，将飞行人员与迎面气流隔开的弹射座椅。通常由舱体（座椅、座舱盖或帘罩等）、弹射操纵机构、人体约束机构、弹射动力装置、稳定减速系统、回收伞和着陆减震气囊系统等构成。主要有*带离弹射*的弹射座椅、带帘式装置的弹射座椅和*分离救生舱*3种，其组成有所不同。带离弹射的弹射座椅是弹射过程中能顶起座舱盖并与其扣合一起，构成封闭区间遮盖飞行人员的座椅。带帘式装置的弹射座椅的组成与敞开式弹射座椅基本相同，不同的是前者在座椅上加帘式装置，在弹射出舱前自动落下与座椅构成封闭区间遮盖飞行人员。上述两种形式的座椅，能使飞行人员与迎面气流隔开，免受气流吹袭，高速救生能力较强，可在飞行速度1～3马赫数条件下安全救生。但结构复杂、可靠性差，未广泛采用，仅在少数高速歼击机和轰炸机上使用过。更高速弹射时的防护一般采用分离救生舱，能在应急情况下将座舱与机体分离并实现安全救生或回收，能够给飞行人员提供"全环境"的保护。

飞行弹射座椅 弹射离机后还能依靠安装在座椅上的专用飞行动力装置以一定速度载着飞行人员飞行或滑翔一定距离的弹射座椅。由弹射座椅、机（旋）翼、机身、尾翼、发动机等组成。飞行人员可以操纵升力装置控制飞行，以避开敌占区、海面、高山、森林等危险区域，提高弹射救生的成功率。主要形式有旋翼飞行座椅、伞翼飞行座椅、帆翼飞行座椅和刚性翼飞行座椅4种，但都未投入实际使用。（徐宏建）

tanshe zuoyi

弹射座椅 (ejection seat) 利用自身弹射动力将飞行人员弹离飞机的座椅。正常飞行时供飞行人员乘座，应急时在弹射动力的作用下与飞行人员一起弹离飞机。主要由座椅骨架、头靠、椅盆、弹射动力装置、点火系统、人体约束机构、



Ⅳ型火箭弹射座椅

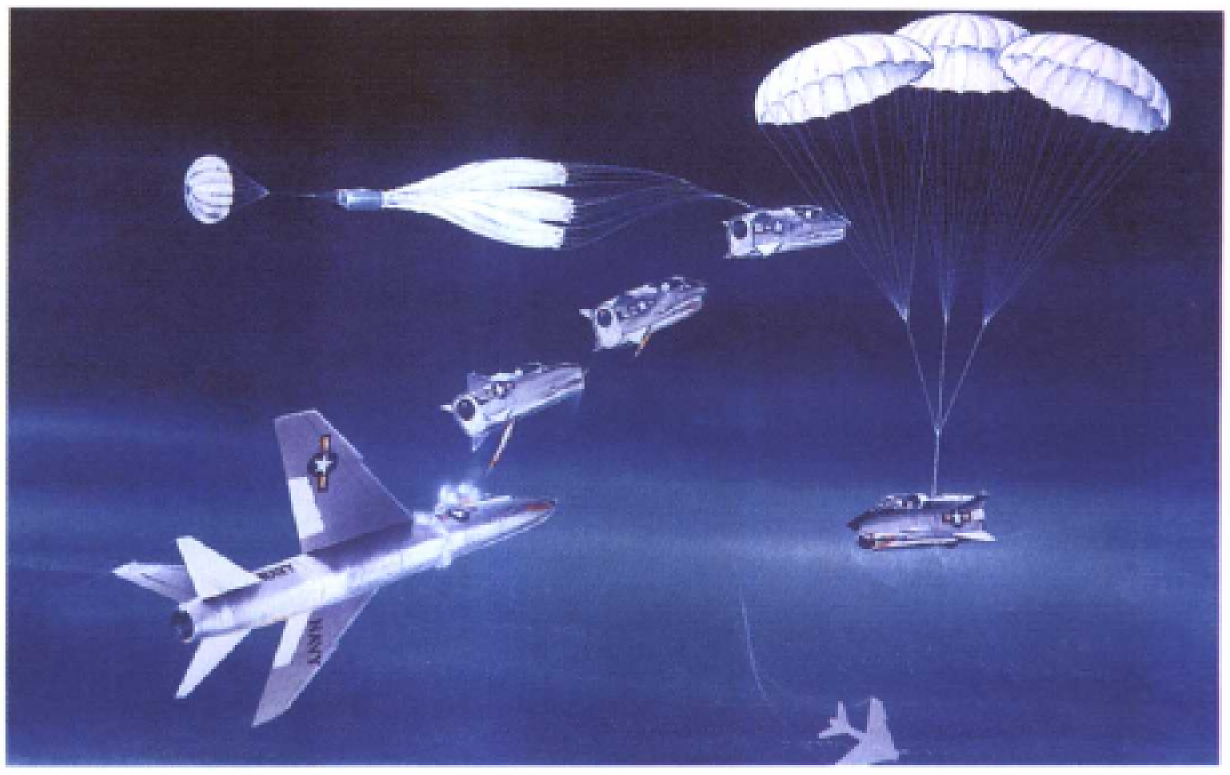
座椅稳定装置、座椅升降机构和人椅分离系统等组成。①座椅骨架。座椅的主要承力构件，由钢或铝合金制成，架上有滑轮、滑块，与座舱导轨配合，引导座椅运动。②头靠。位于座椅上部，正常训练时，保证飞行人员头部舒适，弹射时，保持头部处于正确姿态。③椅盆。用于安放降落伞包或救生包。两侧扶手有控制手柄（开关），前壁上装有护腿装置。有的盆底下部还装有火箭包。④弹射动力装置。由弹射弹、火箭包或火箭弹射器、打火机构组成。⑤点火系统。由左右把手、拉环和传动机构组成。⑥人体约束机构。把飞行人员固定在弹射座椅上的一套绑带限动系统，起飞着陆或机动飞行时，保证飞行人员安全。⑦座椅稳定装置。由射伞枪（弹）及稳定伞组成。当座椅弹离飞机后，能保证人椅良好的姿态。⑧座椅升降机构。采用电动升降机调节座椅高度，为不同身高的飞行人员提供一个良好视界和舒适的坐姿。⑨人椅分离系统。当飞行人员弹射离机后，解脱有关锁扣，使人和椅分离，通常由自动开锁器自动完成。

（张振奇）

fenli jiushengcang

分离救生舱 (separable survival capsule) 应急时能与机体分离并实现安全救生或回收的座舱。亦称弹射座舱或分离座舱。飞机机身的一部分。由线状炸药断离系统、载人密封舱、弹射操纵机构、弹射动力装置、稳定减速系统、回收伞、着陆减震气囊、水上漂浮平衡气囊等构成。发生应急情况时，飞行人员启动弹射装置，将连接座舱与机身的爆炸螺栓炸断，同时座舱下部的火箭发动机开始工作将座舱推离机身，然后打开稳定伞和回收伞（见图）。着陆时，座舱底部的减震气囊自动充入氮气可起减震作用。着水后，座舱顶部及前后部的气囊可使座舱在水面漂浮并保持平衡。优点是：能够给飞行人员提供"全环境"保护，有较好的高空高速救生性能，高速弹射时可使飞行人员免受高速气流的吹袭；降落海面后又可作为良好的漂浮工具，避免冷水浸泡和鲨鱼袭击，即使座舱沉入水下5米，仍可使飞行人员从水下安全救生。缺点是：低空复杂飞行状态下的救生性能较差；座舱与机身分离后在空中的目标较大，易被敌机或地面炮火击中；当舱体被破坏时，飞行人员的生命会有危险；研制成本高，技术复杂，多用于航天飞行器和少数表速大于1 200千米/时的飞机上。

（陆惠良）



分离救生舱分离过程示意图

jiushengsan xitong

救生伞系统 (life-saving parachute system) 用于飞行人员救生的座椅稳定伞和救生伞的组合。座椅稳定伞用于

保证座椅运动的预定姿态和运动轨迹，在人椅分离前减少座椅旋转，为救生伞迅速打开创造良好条件，通常包装在座椅头靠附近的伞箱或伞包内。救生伞用于产生气动力、使飞行人员弹射后在空中减速、安全降落地(水)面，由主伞和引导伞、伞衣套、背带系统、伞包、开伞设备等组成，通常安放在椅盆内。救生伞系统的工作过程是：在弹射过程中，按弹射预定程序由射伞枪自动射出稳定伞，稳定伞在气流作用下产生座椅后迎力矩，以平衡座椅向前翻滚力矩。自动开锁器进行人椅分离，并使救生伞打开。开伞先是打开伞包，伞包打开以后引导伞迅速充气张满，通过连接绳将主伞的伞衣和伞绳拉直，从伞衣、伞绳全长拉直到伞衣全部充满气，从伞衣充满气到稳定下降。

1797年，一位法国人从大约600米高处的气球上用降落伞跳伞成功，开创了降落伞的救生历史。此后，救生伞逐渐应用于气球和飞艇的救生。第一次世界大战期间，德国首先为飞行员装备了救生伞。之后，英国、法国、美国等国也相继研制和生产了救生伞。第二次世界大战期间，几乎所有的作战飞机都配备了救生伞。战后，随着飞行速度的提高，各国战斗机普遍使用了弹道式弹射座椅和火箭弹射座椅，但救生伞仍然是飞行员必备的救生工具，而且在结构和性能上有很大的发展。中国在20世纪50～60年代，主要是仿制苏联的各型救生伞。60年代开始对苏联的救生伞进行重大改进。70年代，为满足自行设计的第一个火箭弹射座椅的需要，研制了救生－8伞、救生－10伞和稳定－2稳定伞。为驻高原的歼击机飞行人员设计了高原高速救生伞(即救生－9伞)。80年代，为配合各型火箭弹射座椅设计了救生－10甲，救生－10乙，救生－11，救生－13等救生伞，稳定－3、稳定－4等稳定伞。

（戴作元）

zuoyi wendingsan

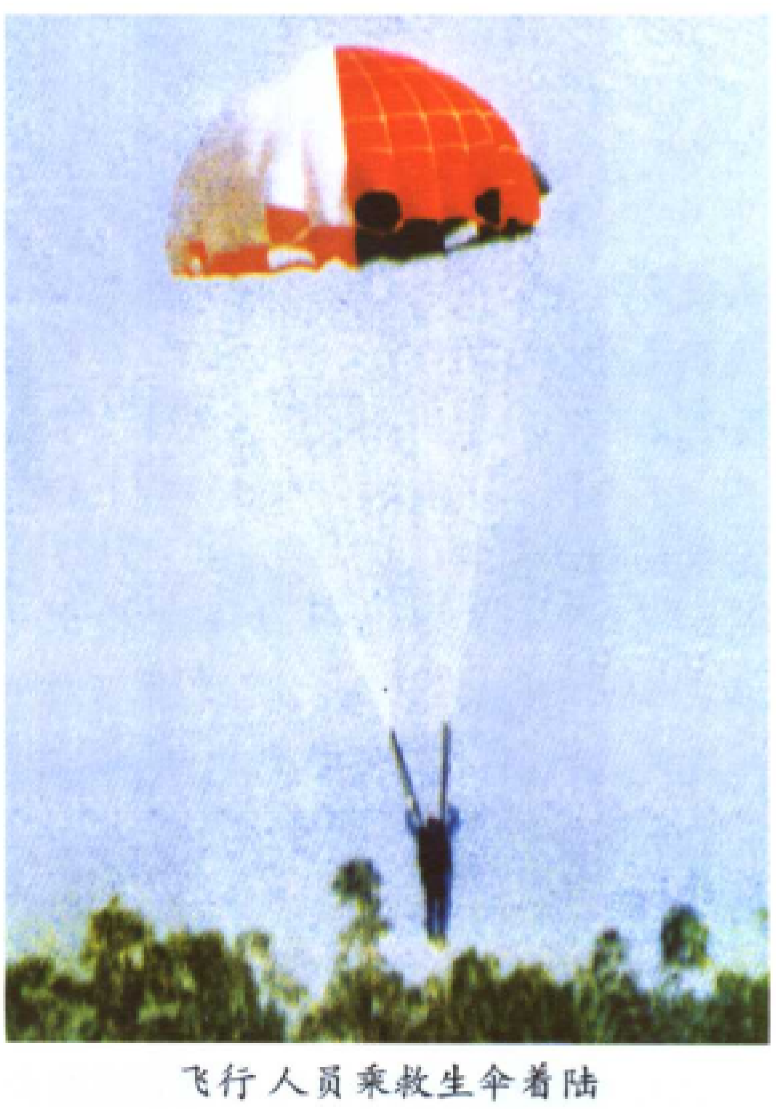
座椅稳定伞 (seat stabilization parachute) 使弹离飞机的人椅系统实现稳定状态的伞。作用是使人椅系统弹离飞机后尽快稳定姿态，以利于救生伞正常打开。以弹射方式应急离机时，座椅弹射出舱后，射伞枪射出稳定伞并展开，座椅稳定伞在气流作用下产生座椅后迎力矩，以平衡座椅向前翻滚的力矩，可使人椅分离前减少旋转，使人椅处于有利于人体承受冲击力的姿态，还能尽快稳定座椅，为迅速打开救生伞创造良好条件。稳定伞一般采用稳定性好的带条伞、导向平伞、波环伞或旋转伞等结构。

座椅稳定伞可分为双伞系统和单伞系统。①双伞系统。又可分为双伞单用、双伞串用和双伞并用3种。双伞单用伞系统由两种不同面积或伞型的伞组成，每个伞又分别在不同速度范围内起座椅稳定及减速作用；双伞串用伞系统由大小不同的两种伞串接而成，第一级伞与第二级伞的伞顶和中心绳相连成一体，第一级伞的作用是控制第二级伞的进气口张开速度，防止伞衣爆发性开伞，降低高速开伞时的动载，第二级伞的作用是使座椅减速、稳定；双伞并用伞系统由两根可伸缩的连接杆和两个面积相同的小方形旋转伞组成，平时两稳定伞分别包于两连接杆内，弹射时连接杆在火药动力作用下伸长并将稳定伞打开。②单伞系统。分为两种：一种是带稳定杆的稳定伞系统；另一种是系统的座椅稳定伞连在座椅背部人椅重心附近。

（贺　青）

jiushengsan

救生伞 (life-saving parachute) 用于飞行人员应急救生的降落伞。作用是产生气动力，使飞行人员弹射后在空中减速，安全降落地(水)面(见图)。按安放位置，分为座式伞、背式伞和头靠式伞。根据伞衣形状和气动力特性，分为方形救生伞、平面圆形救生伞、八门活动幅救生伞、自动调节充气救生伞、开缝救生伞和气动锥形救生伞等。通常由主伞、引导伞、伞衣套、背带系统、伞包、开伞设备等组成。①主伞。由伞衣和伞绳构成，伞衣用来产生气动力，起减速作用。伞绳上接伞衣，下连背带系统，使伞形成整体，并可操纵降落伞。②引导伞。用来拉直伞绳、伞衣，拉脱伞衣套，使主伞充气张开。③伞衣套。可保证良好的开伞程序，防止伞绳拉直前伞衣提前充气，防止伞衣被伞绳抽打。④背带系统。把救生伞固定在人体上，使飞行人员能均匀地承受开伞冲击力。⑤伞包。用来包装引导伞、伞衣套、伞衣、伞绳并保持一定的几何形状。有的伞包还可以包装或携带自动开伞器、跳伞氧气供给器、救生船及生存求救设备等。⑥开伞设备。用于封锁和打开伞包，如零秒开伞器，在预定高度以下可使救生伞立即开伞。在高于预定高度时，能使救生伞延迟开伞。



飞行人员乘救生伞着陆

救生伞应具有开伞迅速，开伞动载荷不超过人体耐限，载荷在人体上分布均匀、合理、具有一定水平速度、操纵性和稳定性，保证飞行员有良好的承载姿态，可携带氧气装备和救生物品，伞衣与飞行员或背带可快速连接和解脱等特点。

（戴作元）

anquan gaodu yujing zhuangzhi

安全高度预警装置 (safe altitude early-warning device) 飞行中向飞行人员提供最低安全高度的预警装置。目的是保证应急情况下提醒飞行人员正确掌握弹射救生的时机。由飞行参数测量装置、计算机和显示装置组成。飞行参数测量装置包括雷达高度表、大气数据处理机、测量姿态角的陀螺仪和测量垂直下降速度的传感器。计算机根据出现应急情况时飞机当时的俯仰角、速度和预计离机瞬间的横滚角等参数，迅速计算出弹射救生所需的最低安全高度，并与飞机与地面的实际高度作比较，发出剩余时间信号。显示装置可以显示剩余时间和离机告警信号，显示信号有光信号和声信号。剩余时间不断减少，显示信号会越来越强，当剩余时间为2秒钟时，预警器将通过耳机向飞行人员重复发出报警信号。飞机在起飞着陆过程中，由于高度低，有

时会有虚警发生，可以通过对起落架位置进行判别等方法，来消除虚警的发生。

（贺　青）

zhishengji jiusheng shebei

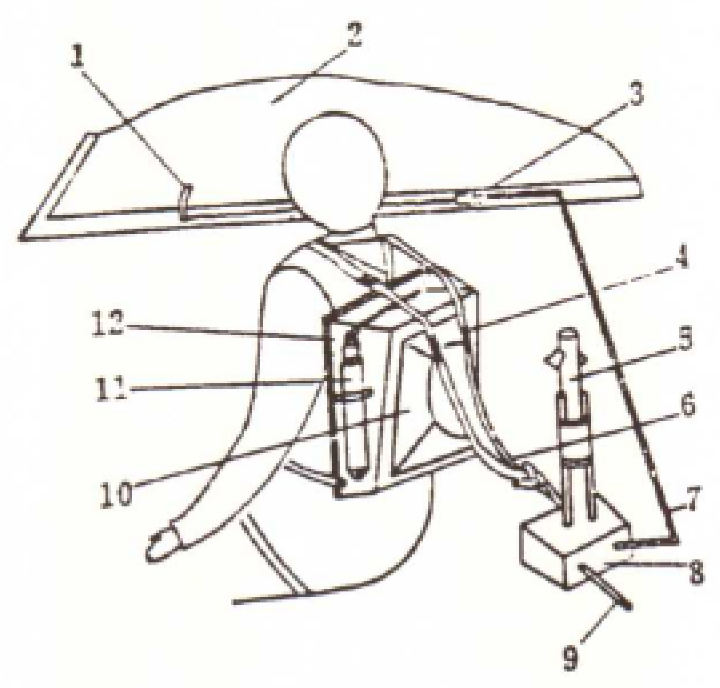
直升机救生设备 (helicopter rescue system)　安装在直升机上用于飞行人员救生的设备。通常包括火箭牵引救生系统、耐坠毁座椅、水面充气救生系统和水下救生设备。①火箭牵引救生系统。利用牵引火箭将跳伞的飞行人员拖曳离开航空器的救生系统。用于某些难于使用弹射座椅、舱口狭小的低速航空器上。②耐坠毁座椅。装有能量衰减装置的座椅。因受重量体积限制，通常采用管、板、丝、带等金属组合件结构。当直升机坠毁时，利用金属结构破坏或塑性变形，吸收冲击能量，减少传递到飞行人员身上的冲击力，达到减少伤亡的目的。③水面充气救生系统。分为两类，一类是防止直升机坠水时立即倾覆、下沉，使飞行人员有较充足的时间逃离直升机，登上救生船。直升机两侧各有一个贮存舱，舱内贮存一只多座救生船，直升机坠水后可自动或手动抛出救生船，救生船可在10秒钟内充满气。另一类有漂浮稳定装置，直升机坠水后，直升机两则的浮囊可自动充气，飞行员可在直升机内长时间在海上漂浮等待救援。④水下救生设备。包括水下灯、救生斧、水下呼吸器等。水下灯由水下照明灯、水下指示灯、水控自动开关组成，安全使用深度大于10米，水下照明、指示时间20分钟以上。水下照明灯固定在主要出口舱门的上方，为稳态照明，白炽灯光，亮度可达35 000坎德拉/平方米，可视距离可达3米。水下指示灯为多点式频闪光缆，围绕逃生出口敷设，发光频率60～100次/分，水下可视距离不小于0.76米，亮度不小于12坎德拉/平方米。救生斧平时固定在出口舱门附近并有显明标志，应急时可用来将舱门劈开。水下呼吸器可为遇险飞行人员提供较长的水下逃生时间，一般可维持2～4分钟。中国研制的水下呼吸器在水深6米时可呼吸5分钟以上。

直升机救生设备落后于固定翼飞机，主要原因是由于直升机上方有旋翼，用一般火箭弹射座椅向上弹射时飞行人员会撞击旋翼而导致伤亡。如果向下弹射，由于直升机有下沉速度，人机干扰的概率很大，因而实际使用的只有直升机火箭牵引救生系统。20世纪60年代中期，在研究救生舱应急状态时，用线状炸药将旋翼、油箱等炸掉，然后打开降落伞，使飞行人员和救生舱整体回收。这项设备曾在美国海军UH－25B型直升机上进行过试验，但至今仍未实际使用。随着武装直升机的发展，将会借鉴战斗机上火箭弹射座椅成熟的技术应用于直升机救生。

（陆惠良）

huojian qianyin jiusheng xitong

火箭牵引救生系统 (rocket-towed rescue system)　利用牵引火箭将跳伞的飞行人员拖曳离开航空器的救生系统。飞行人员救生离机方式之一。用于某些难于使用弹射座椅、舱口狭小的低速航空器上。主要由抛盖装置、时间延迟机构、发射器、牵引火箭、拖曳带、切割器、射伞枪、救生伞等组成（见图）。应急时，飞行人员操纵应急抛盖手柄，抛掉座舱盖（或舱门），



火箭牵引救生系统示意图

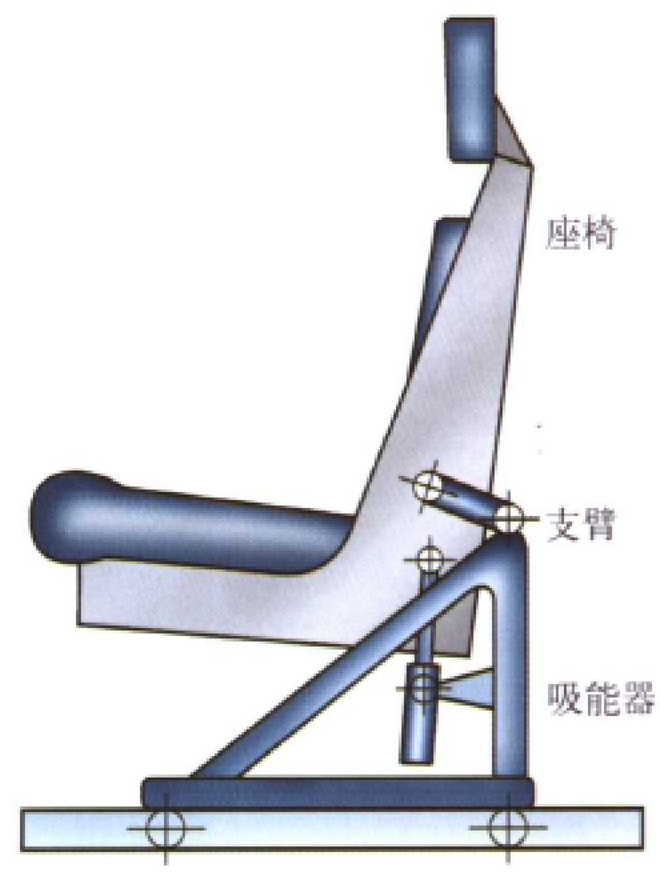
1. 应急抛放手柄	7. 左侧燃气管
2. 座舱盖	8. 发射器
3. 时间延迟机构	9. 右侧燃气管
4. 切割器	10. 小伞伞包
5. 牵引火箭	11. 射伞枪
6. 拖曳带	12. 伞箱

延迟一定时间（避免舱盖与牵引装置空中干扰）后，发射器发射并点燃牵引火箭，产生高温高压燃气从两喷管中喷出，从而产生牵引力将飞行人员拖曳出座舱，座椅留在座舱内。工作一定时间后，切割器切断拖曳带，火箭与飞行人员分离，射伞枪射出救生伞，飞行人员乘伞安全着陆。优点是：构造简单，重量轻，所占空间小；飞行人员承受的牵引过载小；可向上或侧向牵引；具有良好的稳定性，不存在人椅干扰或伞椅干扰问题。但使用时飞行人员暴露在高速气流吹袭中，只适用于小于600千米/时的飞行器上。主要用于运输机和直升机的空中应急救生，是救生系统的发展方向。

（贺　青）

naizhuihui zuoyi

耐坠毁座椅 (anticrash seat)　装有能量衰减装置的座椅。因受重量体积限制，通常采用管、板、丝、带等金属组合件结构。当直升机坠毁时，利用金属结构破坏



耐坠毁座椅示意图

或塑性变形，吸收冲击能量，减少传递到飞行人员身上的冲击力，达到减少伤亡的目的。人体对不同方向冲击力的耐受限度是不同的，耐坠毁座椅设计时应考虑不同方向的吸能作用，但垂直方向的吸能仍是主要的。如挤压扩张管组件，当钢球在外力作用下挤入扩张管内时，管子扩张即可吸能。具有受力稳定、均匀、可靠、成本低且能承受偏心载荷的特点。折叠筒组件，主要由厚壁的正圆筒构成，在较大的轴向外力作用下，管筒变形而形成轴对称的折叠或近似于平面三角形的非对称折叠，吸收冲击能量。这种吸能器受力不够均匀，有起伏，比较可靠，成本较低，能承受回弹载荷。

（陆惠良）

feixing renyuan shengcun qiujiu shebei

飞行人员生存求救设备 (survival equipment for flying personnel)　飞行人员个人携带的用于被迫跳伞或迫降后生存和求救联络的设备。按地区，分为海上、沙漠寒区、热带丛林、高原等生存求救设备。生存求救设备中的物品种类繁多，通常包括急救包、环境防护装备、生

命维持用品、救生联络工具、其他救生物品等。①急救包。是各地区救生装备中必备的物品，包内的用品主要有止血带、绷带、三角巾、止痛、消炎药品等。②环境防护装备。包括海上防冷水浸泡的防浸服和寒区防寒的防寒服。防浸服用保温、透气、不透水的材料制成。防寒服用轻便的保暖材料制成，一般均可压缩包装。中国人民解放军飞行员的防寒服套穿在冬季飞行服外，可防止−30℃的气温下人体冻伤，又可作睡袋使用。③生命维持用品。包括高原用氧气瓶、淡水、救生口粮、猎枪、渔具等。其中淡水的取得，有不同的方法。沙漠地区可根据救生包的容积，适当携带灌装或薄膜袋装的淡水。海上可携带海水脱盐剂和太阳蒸馏器从海水中获取淡水。海水脱盐剂可使海水中的钠盐沉淀，一般携带4块，每块可脱盐500毫升海水。太阳蒸馏器由无毒透明的塑料薄膜制成，吹气后成球形，内有一块黑布可吸收太阳能，使灌入的海水蒸发，天气晴朗时每天可蒸馏1 000毫升。其结构简单、折叠后体积小，可反复使用，成本低、不用电能。在有些有盐碱水的沙漠地区也可使用。救生口粮也是各地区通用的，一般为压缩包装，容易打开。其特点是热量高，蛋白质、糖和脂肪的配比合理，口感好，可使待救的飞行人员保持良好的体力。④求救联络工具。是各地区救生设备中通用的物品，分远距离和近距离联络工具两种。常用的远距离联络工具有救生电台和信标机。救生电台一般为超短波电台，有固定的救生频道，可以发信标，也可以与营救飞机对话；信标机只能发信标，联络距离也与救生电台相近，重量更轻，体积更小，耗电量也较小。近距离联络工具有信号枪、烟火管、太阳反光镜、海水染色剂、冷光管、警笛等。⑤其他救生物品。有防风火柴、指北针、生存刀和自卫武器等。防风火柴一般可防5~6级风，用来点燃火堆进行联络，烤煮食物，取暖和防猛兽。飞行人员生存求救设备按各地区的实际需要配装，可满足3天以上的生存。 （陆惠良）

feixing renyuan haishang shengcun shebei

飞行人员海上生存设备 (survival aids for flying personnel at sea) 飞行人员用于海上生存和求救联络的设备。主要包括海上求救联络设备、急救用品和生存专用设备。海上求救联络设备主要是救生电台；海上急救用品使用最多的是急救包；海上生存专用设备主要有：①海上漂浮设备。有救生船、救生背心、腋下救生器等。救生船分单座（见图）和多座两种，主要用于防止淹溺，避免冷水浸泡和鲨鱼袭击。②抗浸服。可延长冷水浸泡时的生存时间。③海水淡化设备。有海水脱盐剂和太阳蒸馏器。可使海水脱盐或利用太阳能获取蒸馏水。④驱鲨鱼剂。可驱避海中鲨鱼。



单座救生船

（陆惠良）

jiusheng beixin

救生背心 (life vest) 飞行人员穿着的水上漂浮救生装具。由衣面和气囊等组成。衣面用锦丝绸制成，呈橙黄色或橘黄色，便于搜索人员发现。气囊在其左右各一个，由涂胶布粘结而成，内装木棉或海绵以产生浮力。气囊上装有吹气管，可在入水前后向气囊吹气，以增加浮力。飞行人员飞行时即穿着救生背心（见图），坠水后利用背心的浮力保证飞行人员头部浮出水面，并利于爬上救生船待救。救生背心亦为保证坠水人员的营救和生存，在救生背心上配备有防鲨剂、海水脱盐剂、小型救生包、信标机等海上救生物品。除救生背心外，腋下救生器和救生颈圈也属于保证飞行人员落水后不被淹溺的个体防护装备。



救生背心

（张林英）

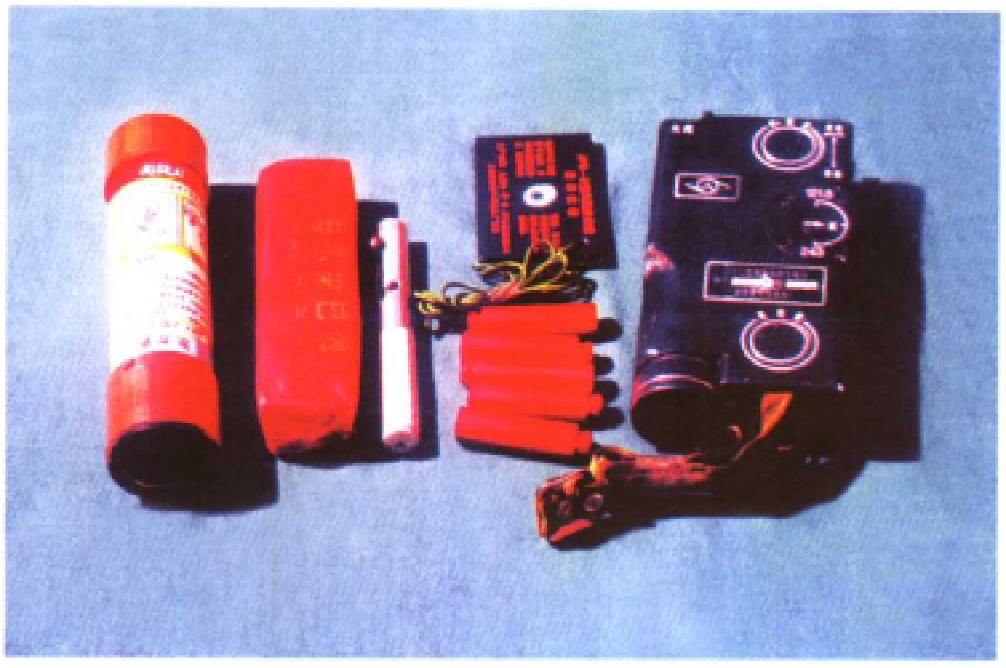
kangjinfu

抗浸服 (waterproof garment) 保证飞行人员跳伞落水后抗浸防寒的特种飞行服装。又称抗暴露服或救生服。与独立的手套、靴子和帽子配套使用。按工作原理，分为湿式抗浸服与干式抗浸服两种。①湿式抗浸服。由不透水涂敷织物制成。正常飞行时，与机上通风系统相连，维持服装内空气循环，使人体舒适。落水后充满水时，借助体热将水加热与体温平衡，与衣面一起形成绝热层，在一定时间内能使体热不致大量散失。在水中使用效果较好，浮力大，但笨重，需外部供气。②干式抗浸服。由特殊的棉织物制成。平时能透过水蒸气，维持通风性能。浸水后纤维迅速膨胀，防海水渗入。干式服轻巧，活动方便，但材料损坏或表面弄脏都会影响服装热保护性能。

（徐宏建）

feixing renyuan qiujiu lianluo shebei

飞行人员求救联络设备 (survival communication equipment for flying personnel) 飞行人员应急离机后与营救人员进行联络的设备。主要包括无线电、目视、声音、角反射器等联络工具。①无线电联络工具。有救生电台、信标机。营救飞机在3 000米高度时，最大联络距离可达150千米左右。②目视联络工具。白天使用的有太阳反光镜、发烟管、海水染色剂等，联络距离可达10多千米。夜间使用的有发火管、闪光灯和冷光管等，发光管联络距离可达30千米。闪光灯、冷光管联络距离3~5千米。信号弹在白天和夜间均可用于联络，联络距离达20千米。③声音联络工具。有警笛、口哨等，用于近距



飞行人员求救联络设备
（从右至左：救生电台、太阳反光镜、信号枪弹、海水染色剂、烟火管）

离联络。④角反射器。为营救飞机提供反射信号。（陆惠良）

feixing renyuan jiusheng fanghu zhuangju

飞行人员救生防护装具 (survival and protective equipment for flying personnel) 在弹射跳伞过程中，保障飞行人员安全的个人防护设备的统称。多数由飞行人员直接携带在身上，为减轻飞行人员的负荷，针对不同飞机和不同飞行任务选择配备必要的防护装具。主要有高速气流防护装具、应急供氧装备、高空代偿服、保护头盔、激光防护镜等。①高速气流防护装具。用于弹射跳伞时飞行人员免受高速气流损伤，有头颈部防护装置、上肢防护装置和下肢防护装置等。②应急供氧装备。用于飞行人员高空应急离机后，供呼吸用氧的装备。由贮氧部分、调节部分和呼吸代偿部分组成。③高空代偿服。高空跳伞时，防止高空气压差对飞行人员的损伤，由代偿服主体和张紧两部分组成。④保护头盔。用于弹射离机时飞行人员头部与座舱结构部件碰撞和离机后迎面气流吹袭引起的损伤，同时具有防噪音、防辐射热、防眩光等功能。⑤激光防护镜。用于防护飞行人员眼睛受激光器照射致伤，一般与保护头盔护目镜结合在一起。⑥其他防护装具。有抗浸防寒服、防有害生物伤害用品等。（张林英）

gaosu qiliu fanghu zhuangzhi

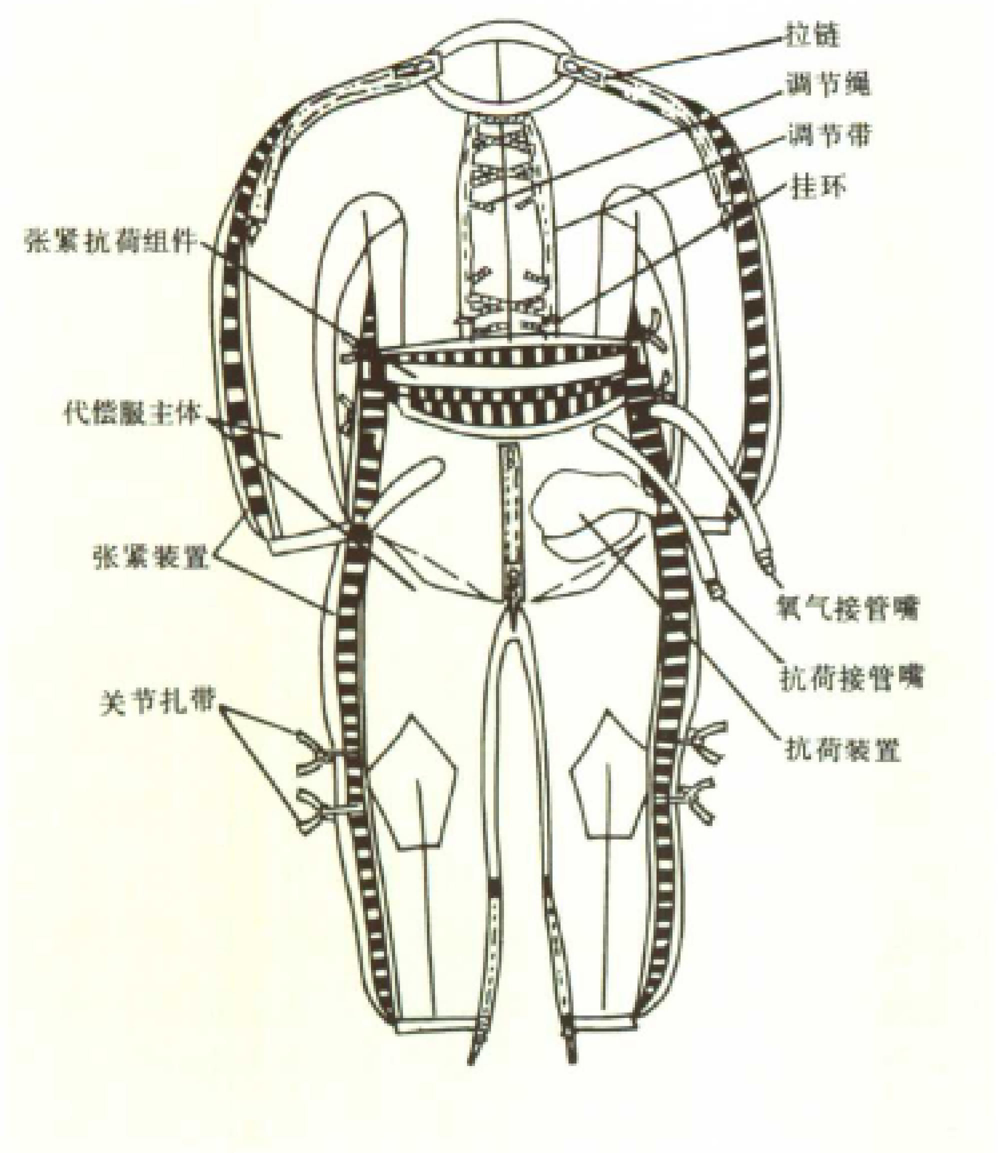
高速气流防护装置 (high velocity air protective device) 用于防护弹射跳伞的飞行人员免受高速气流损伤的防护装置。当飞行速度在900千米/时进行弹射时，无防护装置可使50%的飞行人员受伤；飞行速度约1 300千米/时进行弹射时，则会使100%的飞行人员受伤。为避免高速气流对飞行人员伤害，通常在座椅和个人防护救生装备中装有头颈部防护装置、上肢防护装置和下肢防护装置。①头颈部防护装置。有充气颈圈、头部防护盖和自动立起的面罩3种。充气颈圈平时作为衣服的褶层连接在飞行人员的衣领上，在弹射及救生伞开伞时均可保持充气状态，弹射时，充气将整个颈部围住，使头、颈部保持直立状态，防止低头和颈部转动，高速气流吹袭时以免头颈部受伤。救生伞张开后下降时可以将气放掉。头部防护盖安装在座椅头靠内，由一个盖子和“U”形管状机构组成，弹射时，可固定住头盔，防止头盔扭转，盖子可将高速气流阻挡在头盔表面上。可自动立起的面罩是一种周围有充气管子的面罩。由纺织品制成。平时折叠起来置于飞行人员颈前。弹射时，面罩上的管子自动充气并竖立起来挡住飞行人员的面部。可阻挡高速气流对面部的吹袭，防止飞行人员保护头盔被吹掉。②上肢防护装置。主要有被动式限臂网、硬式挡臂装置和气囊式限臂装置3种。被动式限臂网是一种尼龙网，位于座椅的两侧，由限制带带动，平时安放在座椅背后，弹射时自动拉出，套住飞行人员的双臂，飞行人员此时仍可按动应急手柄，人椅分离时，限臂网的前部由切割器自动切断，不影响人椅分离。这种限臂网容易安装、成本低、比较舒适，不影响飞行人员平时操纵飞机，弹射时也不影响弹射座椅的原来性能；硬式挡臂装置是一种靠近两侧肘部的挡臂板。平时收拢在座椅的两侧，弹射时，挡臂板由伸缩杆自动向前拉出，挡住两侧臂部，防止双臂被高速气流吹开而致伤，人椅分离时，两侧的弹簧又使挡臂板处于收拢状态；气囊式限臂装置的两臂用充气囊作为限制装置，弹射时气囊充气将两臂固定，人椅分离后又可自动放气。③下肢限制装置。分下肢被动限制装置和下肢主动限制装置两种。下肢被动限制系统在弹射时座椅的两侧向前延伸，防止腿部向外侧运动，起到类似于夹板的作用，避免高速气流吹散；下肢主动限制系统采用固定带和束腿带相结合的形式。弹射时，束腿带自动拉紧，人椅分离后又松开。（陆惠良）

yingji gongyang zhuangbei

应急供氧装备 (emergency oxygen supply equipment) 供飞行人员应急离机后呼吸用氧的装备。由贮氧部分、调节部分和呼吸代偿部分组成。①贮氧部分。主要是氧气瓶，飞行员遇险离机后，贮氧瓶与降落伞一起弹出，供飞行人员高空用氧。②调节部分。用于调节吸入的混合气体中的含氧百分比和氧气的压力，以保证有足够的供氧量。由减压器、氧气调节器等组成。减压器将高压氧源减压到低压，供应给氧气调节器。氧气调节器是飞行人员供氧装备的核心部件，可随环境气压和人体需要量按一定规律自动调节供氧压力、流量和含氧百分率等参数，以满足人体耗氧及体表加压的生理要求。③呼吸代偿部分。包括供氧面罩、加压头盔和高空代偿服等。供氧面罩有带囊开式面罩与连续供氧装备配套使用，多用于运输机或客机密闭式面罩与肺式供氧装备配套使用，加压式面罩与小余压供氧装备配套使用；加压头盔由观察面罩板、面部框架、密闭帽、布质防护帽、防护壳、通信帽、送话器和铜丝绳等组成，与加压供氧装备配套使用，具有供氧面罩和保护头盔的全部功能。（贺 青）

gaokong daichangfu

高空代偿服 (partial-pressure suit) 防止高空气压差对飞行人员的损伤和提高正向过载能力的一种特种服装。亦称部分加压服。在高空飞机座舱失去气密性或被迫跳伞时，能保证飞行人员的安全。由代偿服主体和张紧装置两部分组成，并与加压面罩或密闭头盔配套使用。其结构一般分为侧管式和囊式两种。侧管式是在代偿服外侧装有胶管或配有胶囊（见图）在12千米以上的高空，当飞机座舱失去气密性或飞行员跳伞时，机上氧气调节器和跳伞供氧器，即自动向代偿服张紧装置和加压面罩快速充氧，对人体表面施加与加压面罩内余压相应的代偿压力，以保持人体内外压力平衡，防止肺脏损伤和缺氧。应急使用时间通



侧管式高空代偿服示意图

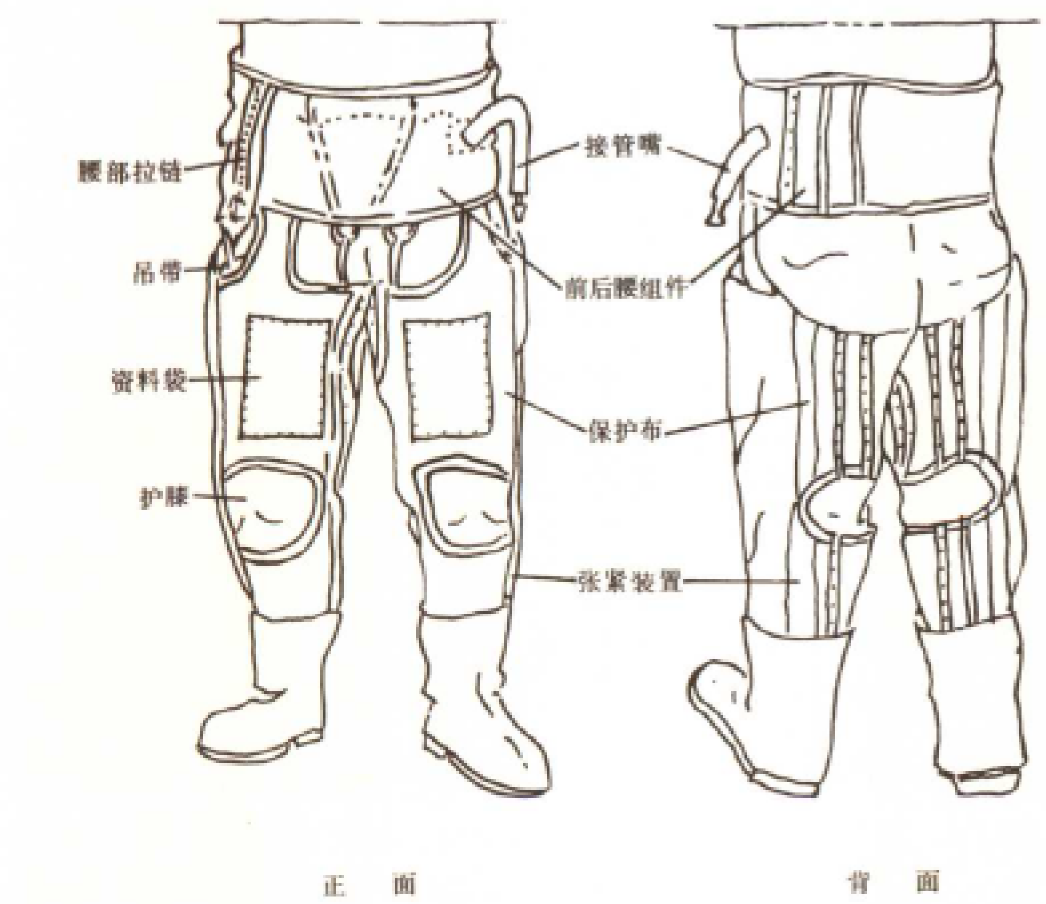
常为5~10分钟，极限高度一般为18千米，与密闭头盔配套使用时，极限高度可达30千米。中国研制的加压背心—抗荷服系统，结构轻便、实用可靠、热负荷小，飞行员穿着舒适，操纵飞机方便。高空代偿服一般均带有抗荷组件，故亦称代偿－抗荷联合服。

（徐宏建）

kanghefu

抗荷服 (anti-g suit) 提高飞行人员承受正向过载能力的一种特种服装。是飞机抗荷系统的组成部分。属飞行人员防护装具。分囊式和管式两种。囊式抗荷服由腹部、大腿和小腿处5个连通的气囊组成，固定在衣面内（见图）。囊式抗荷服可制成单独的服装，也可把抗荷囊固定在高空代偿服上，组成代偿—抗荷联合服。管式抗荷服由腹部处的气囊和下肢处的侧管组成，用交叉小带定位在衣面上。气囊或侧管用橡胶或涂敷织物制造。管式抗荷服的腹囊与囊式抗荷服的相同，但对大腿和小腿的加压是通过侧管充气和张紧带拉紧衣面实现。工作过程是：当飞机正加速度超过2g时，由发动机压气机或其他气源引来的气体，经抗荷调压器向抗荷服的气囊充气，气囊膨胀拉紧衣面，对腹部和下肢施加压力，阻止血液在正过载作用下向下半身转移，以保证头部的循环血量，对抗压力还可防止膈肌向下位移。

（贺　青）



囊式抗荷服示意图

baohu toukui

保护头盔 (protective helmet) 高速飞机个人头部防护装备。亦称防护头盔。主要功用是最大限度地防止或减轻起飞、着陆、特技飞行、机动飞行、弹射救生等过程中头部碰撞及弹射救生或跳伞时，迎面气流吹袭引起的损伤。同时还兼有防噪声、防辐射热、防眩光（及其他视觉保护）以及头部通风降温等功能。一般由吸氧系统、滤光镜、防护外壳、通信系统、下颏带等组成（见图）。头盔外壳多用玻璃钢制成，以便分散碰撞能，阻止锐利器物贯穿。外壳下的衬垫一般由聚苯乙烯泡沫塑料制成，具有进一步分散碰撞动能、吸收能量、减低加速度峰值及增长率的作用。头盔前部装有滤光镜，除保护眼睛外，还有保护颜面部免受气流吹袭的作用。耳垫有隔音功能。头盔上有供氧面罩挂钩用于固定供氧面罩。头盔内还装有通话装置。头盔的颏带和项带起固定头盔的作用，即使遇到强大迎面气流，亦可将其固定牢。头盔前部有通风孔，弹射离机时，排出进入头盔的高速气流，以防头盔内部兜风，造成对颏带的强力牵引。



飞行员保护头盔

1908年飞行人员首次发生因头部外伤而死亡的事故后，保护飞行人员头部开始受到重视。1940年研制成功硬壳头盔。随着飞机性能的提高，已研制出许多类型不同特点的保护头盔。

（张林英）

jiguang fanghujing

激光防护镜 (laser light protective goggles) 用于防护飞行人员眼睛受激光武器照射致伤的装置。一般与头盔护目镜结合在一起。通常用防护波长、光学密度、可见光透过率和破坏阈值4种参数来衡量其性能。分为吸收型、反射型和衍射型3种类型。①吸收型。由有色玻璃或塑料滤光材料制成，能选择性地吸收特定波长的激光，可保护飞行员的眼睛。玻璃滤光吸收材料的优点是不易划伤，可承受较强的激光，缺点是抗冲击力差，易碎裂。塑料滤光吸收材料重量轻，抗冲击力好，但容易划伤，在强激光作用下可能饱和或漂白从而失去保护作用。因吸收带宽较宽，使可见光的透过率降低。②反射型。由玻璃制成，在玻璃的基底上镀上多层介质膜，利用光的干涉特性选择性地反射特定波长的激光，透过其他波长的光。但反射率与激光的入射角有关，只有在一定的角度内有防护激光的作用。③衍射型。利用全息技术研制的新型激光防护装备。镜片是利用全息摄影法在玻璃或塑料基片上制作的三维相位光栅，通过控制全息图干涉条纹的间距，按防护要求，反射特定波长的激光，使其他波

长的光透过。优点是反射带宽，既能有效地反射特定波长的激光，又有良好的可见光透过率，还可用相同的材料制造防护不同波长激光的防护镜。

（陆思良）

jizai sousuo yingjiu shebei

机载搜索营救设备 (airborne search and rescue equipment) 飞机和直升机上用于搜索营救遇险人员的设备。由机载搜索设备和机载营救设备两部分组成。

机载搜索设备主要有无线电和雷达搜索设备。具有搜索距离远、面积大、不受天气影响等特点。①无线电搜索设备。主要是机载定向仪。通常由天线、接收机和显示部分构成。使用机载定向仪时，遇险人员用小型超短波电台或信标机，发出求救信号。使用国际通用的救生频率121.5兆赫和243兆赫。当搜索飞机飞越救生电台上空时，可自动发出声音或灯光信号。机载定向仪接收到求救信号后，可显示遇险人员的方位。有的还能测出距离。有的具有多种保密频道可随时转换，定位误差仅几米。②雷达搜索设备。当搜索飞机接收到遇险人员需携带雷达角反射器反射信号后，即可判定遇险人员的方位距离。雷达角反射器不用电源、使用时间长且可折叠、但因体积太大，使用较少。

机载营救设备主要用直升机进行营救的设备（见图）。由快速吊车（有电动、液压两种）、钢索、营救器组成。营救器有吊篮、救生网、救生座椅、特制担架等。直升机在遇险人员上空悬停，放下营救器，待遇险人员乘上营救器并固定好，吊车将遇险人员吊到机舱内。营救伤势较重的人员时，机上营救人员应下去协助其进入营救器。营救机上通常装备一定的医疗用品和救生物品，可在机上对被救人员进行急救。当发现遇险飞行人员一时尚难营救时，可向他们投放必需的救生物品，如救生船、抗浸服、急救包等。



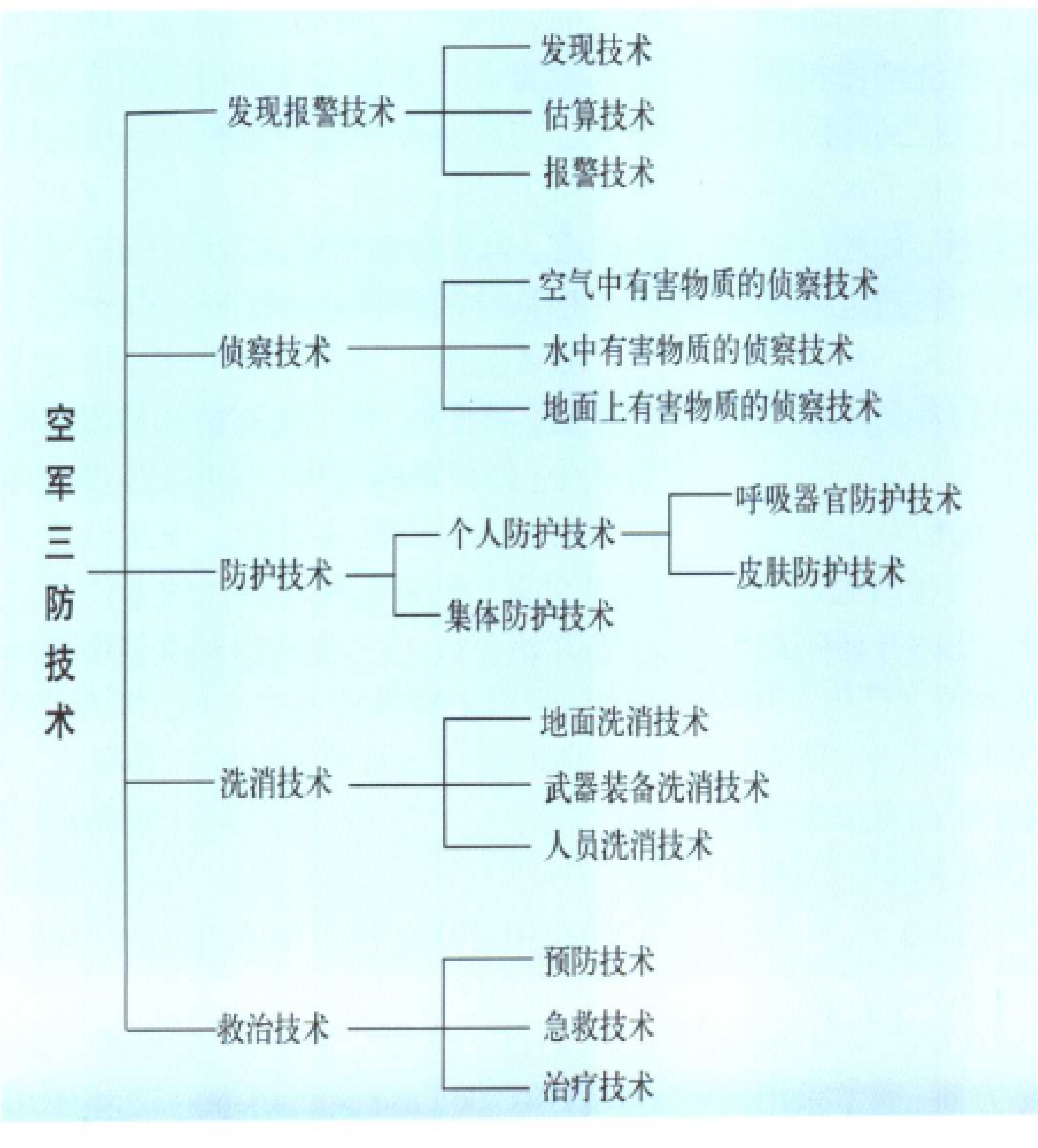
机载营救设备

（陆思良）

空军防核化学生物武器技术

kongjun fanghe-huaxue-shengwu wuqi jishu

空军防核、化学、生物武器技术 (air force NBC defense technology) 空军用于核、化学、生物武器防护技术的总称。简称空军三防技术。核武器、化学武器和生物武器的毁伤作用各不相同，防护技术的原理也不尽相同。空军三防技术的内容很广，按任务和专业区分，其体系由发现报警技术、侦察技术、防护技术、洗消技术和救治技术5部分构成（见图）。



防核武器技术 包括对核爆炸观测、核辐射侦察、核毁伤防护、放射性沾染洗消和人员救治在内的各项技术。第二次世界大战期间，美国在日本广岛和长崎使用了原子弹，使防核武器技术迅速兴起。20世纪50～60年代是发展最快的时期。70年代后，防核武器技术研究进入了以防特殊效应核武器为主的时期。主要技术有：①核爆炸监测技术。包括核爆炸观测（探测）和估算技术。从50年代后，发展了核爆炸自动化探测和估算技术。卫星侦察技术扩大了核爆炸探测范围，计算机和自动传输通信系统提高了估算技术的自动化水平和数据实时发送能力。军用核辐射测量仪器是在原有的实验室辐射测量仪器的基础上逐步发展起来的。60年代后，运用电子技术、计算机技术和其他新技术，使核辐射剂量探测仪器的功能明显改观。70年代，出现了实施大面积侦察的航空核辐射侦察系统。②工程防护技术。为增强工事抗冲击波的能力和削弱早期核辐射的能力，军队的各类工事和城市的人防工事进一步向地下发展，并发展了各种配套的防护设施。③防核电磁脉冲技术。对电子系统的防护，通常采用屏蔽、补偿电路等技术，以及半导体器件的自身加固技术，以预防核电磁脉冲的破坏效应。④防核爆炸闪光技术。主要解决飞行员对核闪光的防护问题。主要研制和使用防核闪光头盔及护目镜。护目镜是利用锆钛酸铅镧透明铁电陶瓷（PLZT材料）在外加电场作用下，陶瓷晶发生变化，产生双折射效应，将线性偏振光变成椭圆偏振光这一特性，在前后两片成正交的偏振片之间做成夹层，通过外加电场对陶瓷加压或放电，达到瞬间阻断核闪光的目的。此外，对放射性沾染的洗消，对核武器损伤的预防、急救和治疗技术，也都有较大发展。

防化学武器技术 包括对化学毒剂进行发现报警、侦察、防护、洗消和救治在内的各项技术。出现于第一次世界大战，首先是呼吸器官防护技术、皮肤防护技

术，并由个人防护发展到集体防护，由防护发展到发现报警、侦察、洗消和中毒人员救治。二战期间，化学战的威胁推动了防化学技术的发展，逐步形成了包括侦察技术、防护技术、消毒技术和救治技术等4个方面比较系统的防化学技术。随着新技术的迅猛发展和神经性毒剂大量装备部队，防化学技术又有新的发展。①侦察技术方面。化学侦察的灵敏度、特效性都有明显改进。军用激光技术、红外技术、微电子技术或自动化技术、色质谱仪、离子淌度和化学敏感元件等技术，都纳入了化学侦察技术的设计框架。如美国的主动式同位素二氧化碳激光红外遥测仪、XM21被动红外遥测仪等。英国制造的CAM化学检测仪，则采用了离子迁移光谱学技术，可安装在无人驾驶飞机上进行远距离侦察。侦察结果已由人工判定逐步发展为电子计算机判定。②防护技术方面。现代防毒面具的防毒性能、密合性和佩带舒适性都有了很大改进，并增加了通话、饮水等功能。防毒服的发展，主要集中于对透气式防毒衣的研究。比较典型的有英国的MK系列防护服。在集体防护方面，出现了每小时滤毒风量达几十万立方米的大型工事和地下设施。在这些工程中，毒剂监测、报警、洗消、防护等器材，构成了一个完整的系统。③消毒技术方面。在采用氯化物漂白粉这类传统消毒剂的同时，加强了对新型消毒剂的研究。如DS-2消毒液。在洗消器材的发展上，更加重视小型化，以提高部队自消能力。大型洗消器材则侧重于加大作业量，高效快速，提高机动性。如燃气射流洗消车等。④救治技术方面。通过对神经性毒剂中毒机理的深入研究，神经性毒剂的预防药物和自救用的自动注射急救针等已装备部队。

防生物武器技术　包括对生物武器毁伤进行侦察、检验、预防和消毒在内的各项技术。20世纪初，德国开始研制生物武器，防生物武器技术随之产生。70年代后，基因工程等新技术的发展，使生物武器的侦察、检验、预防和消毒技术成为军队防护的一个重要组成部分。①检验方面。主要使用免疫学检验方法。一些国家已具有配套的生物战剂检验和采样器材。生物工程技术在微生物检验中也获得了广泛应用。②消毒方面。通常采用含氯消毒剂、过氧化物消毒剂、酚类消毒剂和甲醛、环氧乙烷等烷基化剂，以及利用热力、紫外线和过滤等消毒方法，并对电离辐射、微波、高强度红外线、超声波和激光、静电等新消毒技术进行了广泛研究。③免疫预防方面。主要研究和发展了化学提纯疫苗。在生物战剂所致疾病的治疗方面，对细菌、立克次体和肉毒毒素中毒已有治疗药物。

中国人民解放军空军的三防技术，是在陆军三防技术的基础上发展起来的，已发展成为全军三防体系中的一个重要分支。同时针对空军特点，开展了专用三防技术的研究与开发。在防核武器技术方面，研制出航空辐射测量仪、机载当量仪、飞行员微型剂量仪、空军核化效应自动预测仪、空军机场核化监测系统、空军指挥所核化信息处理显示系统等预测、监测、报警、报知器材，防核闪光头盔及护目镜，同时进行了放射性烟云运行规律、空中取样以及空中大气放射性本底研究。在化学侦察方面，进行了飞机表面、机场跑道毒剂快速检测技术、有效氯快速测定技术、化学毒剂报警器研究。在防护技术方面，研制了歼击机飞行员个人防毒装具（包括专用呼吸道防护装具、透气式飞行员防毒服）、直升机飞行员呼吸道防护装具、应急皮肤防护装具，进行了地下指挥所空气质量研究、过滤鼓风对机上供氧系统影响研究等。在洗消技术方面，研制了飞机局部洗消器、便携式个人消毒器，进行了飞机消毒剂选择性研究、空降兵专用洗消器材论证研究以及飞机发动机洗消、飞机洗消部位和方法研究。为防精确制导武器的打击，又开展了烟幕对精确制导武器防护的研究。

随着遥测、遥控和电子计算机技术的发展，将使核、生、化报警和侦察趋向智能化。新材料的应用，将进一步提高和改善防护器材的防毒性能、使用性能和生理性能。机器人和自动化技术的发展已经开始在核、生、化侦察和洗消中得到应用。基因工程等技术的应用，将为生物战剂的检验、免疫等开辟新的领域。

（于高增）

kongjun fanghe-huaxue-shengwu wuqi zhuangbei

空军防核、化学、生物武器装备　(air force NBC defense equipment)　空军用于核、化学、生物武器防护的各种装备器材的统称。简称空军三防装备。用于及时判定敌方使用核、化学、生物武器的情况，查明造成危害的范围和程度，进行防护、洗消和预防急救，使人员免受或减轻伤害。空军三防装备是空军部队在核、化学、生物武器条件下作战的重要物质基础。

分类及用途　①按用途，可分为观测、侦察、防护、洗消、预防急救等5类。观测器材，用于对核、化学、生物武器袭击进行观测、报警。侦察器材，用于发现放射性沾染、毒剂、生物战剂和测定空气、地面、水域、人员和物体的受染情况。防护器材，用于保护有生力量，避免或减轻敌核、化学、生物武器袭击造成的伤害。洗消器材，用于对染有毒剂、放射性沾染、生物战剂的人员、服装、装备等，在地面进行消毒和消除沾染。预防急救器材，用于预防毒剂、生物战剂、核辐射伤害和中毒人员急救。②按使用对象，可分为群防器材和专业保障器材。群防器材是空军各类人员通用装备器材，用于自侦、自防、自消、自救。专业保障器材是空军防化专业保障部（分）队遂行专业保障任务的装备器材，用于及时发现和查明敌核、化学、生物武器袭击的情况，消除袭击后果，保障空军持续的战斗力和不间断地遂行战斗行动。

主要装备的现状与发展　①观测器材。核爆炸探测仪器由利用电子、遥感和计算机技术的自动探测仪，发展到能在核爆炸瞬间即将各种数据传递到指挥机构的自动化系统。化学观测和生物观测采用红外、激光等技术，研制自动化观测器材。②侦察器材。包括利用集成电路和微型电子计算机制成的车载式γ辐射仪、航空辐射测量仪、机载当量仪等。化学侦察器材，采用了红外、激光、微波等先进技术。化验器材由化学分析方法发展到色谱、质谱、红外等分析法。生物战剂侦察器材主要向自动化报警和智能化快速检验的方向发展。③防护器材。个人防护器材主要包括呼吸道防护器材和皮肤防护器材，通常还包括配发给个人使用的个人剂量仪、侦毒纸、个人消毒急救盒以及核闪光护目镜。其中，防毒面具增加了通话、滤毒通风装置；防毒衣由隔绝式发展到透气式防毒服，还具有防火和伪装功能，并向与飞行服结合的方向发展。

集体防护器材主要包括设置在工事、帐篷、车辆、飞机和舰船中的密闭设施、滤毒通风装置和空气再生装置等。④洗消器材。由单一效能的消毒剂发展到多效能的化学体系消毒液和物理吸附型消毒剂，并进一步研究飞机专用洗消剂，研制利用气液射流、燃气射流、高温高压小流量技术的各种新型机场、空降洗消装备。发展方向是利用机器人进行洗消作业，发展磁场、电场、微波等新的洗消技术。⑤预防急救器材。有预防核辐射、毒剂和生物战剂的药品和中毒后的急救药品，将利用基因工程、酶工程等新技术，研制新的、更有效的抗化、生、放的药品。

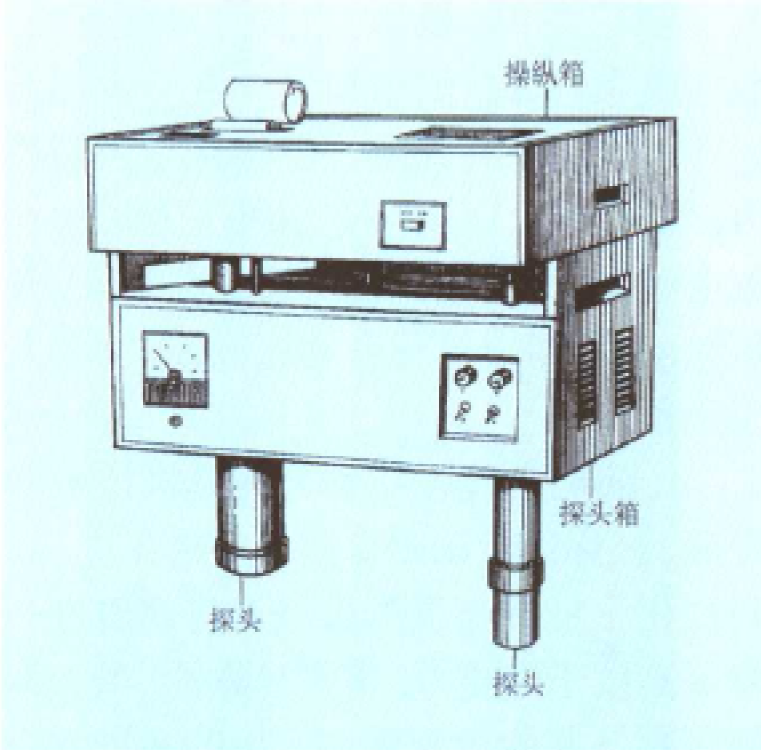
随着现代科学技术的发展和未来战争的需要，空军三防装备将向着高效多能、准确可靠、轻便实用、灵活自动的方向发展。（于高增）

hangkong fushe celiangyi

航空辐射测量仪 (airborne radiation meter) 空中测量沾染区 γ 剂量率的核辐射探测仪器。亦称航空辐射级仪，简称航测仪。是军队实施大面积快速辐射侦察的重要技术装备之一。主要特点是测量速度快、范围广、机动灵活、受地形限制小、能减少侦察人员所受的照射。

简史 辐射剂量探测仪器是随着核武器的试验和发展而相应发展的探测设备。在高剂量区、水泛区以及其他车辆、人员难以实施侦察的地方，航测仪有其独特的使用价值。20世纪50年代，美国利用多种地面辐射仪器和民用航空放射性测量设备，在内华达州核试验场对核爆炸地面放射性沾染进行航空辐射侦察试验。60年代后，美国率先研制专用航空辐射测量仪。80年代后，一些国家的军队相继研制、装备了航测仪。如美国军队装备有AN/ADR-6航测系统，法国军队装备有JUK-450航测仪等。中国人民解放军对航空辐射侦察的研究始于50年代，从60年代第一次核试验开始，就把地面探测的辐射测量仪加以改装，用以进行航空辐射测量。70年代初，空军开始研制专用航测仪，1976年装备部队。

组成与工作原理 航空辐射测量仪通常包括探头和操纵箱（亦称主机）两部分（见图）。一般由探测器、信号变换电路、数据处理器、显示记录设备和电源变换电路等单元组成，有的航测仪还设有



航空辐射测量仪

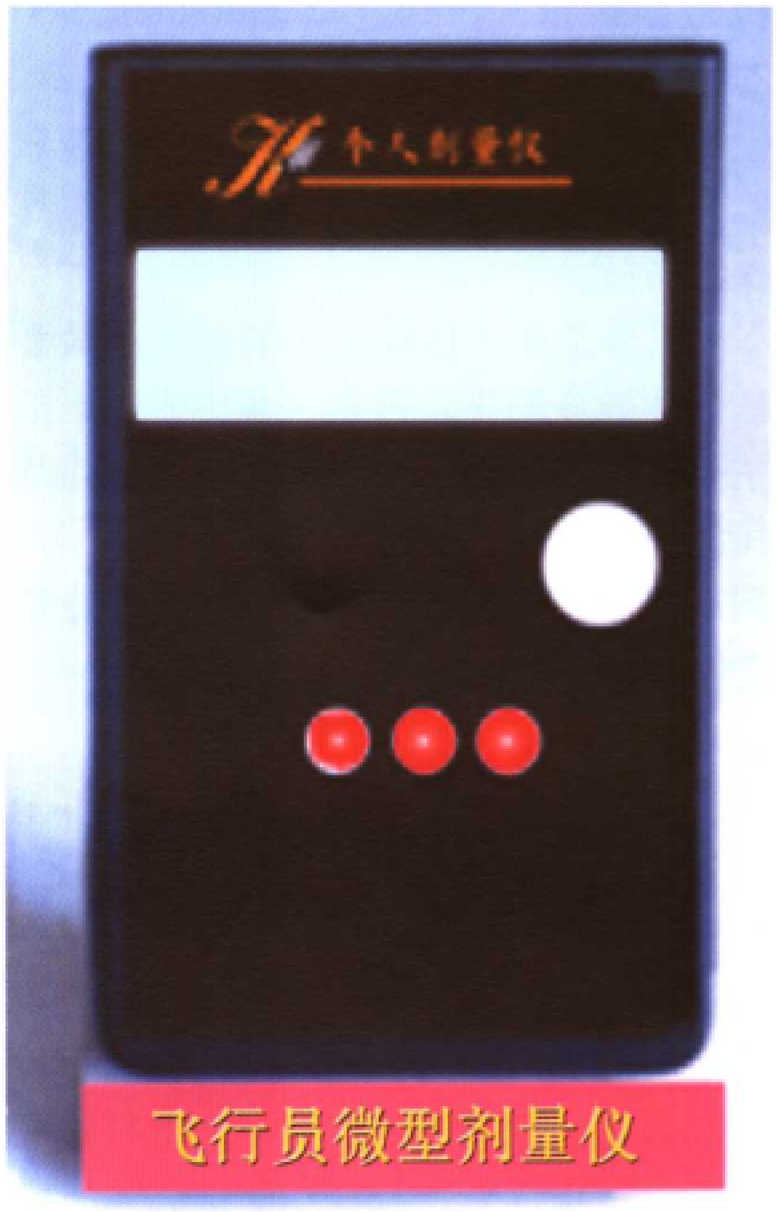
飞机高度、速度、航向输入接口和遥测输出接口。探测器是接收 γ 射线并将其变为电信号的能量转换元件，常用的探测器主要有闪烁探测器、空气电离室、盖革-弥勒计数管等。中国自行研制的航测仪探测器由塑料闪烁体、光电倍增管、分压器、前置放大器等构成。闪烁体又叫荧光体，受到射线照射后即可发光。射线通过闪烁体时，使原子或分子激发，被激发的原子或分子由受激态恢复到激态过程中，将放出光子，即可见的闪烁光。闪烁体有固体、液体和气体的。可以是有机物，也可以是无机物。常用的闪烁体有碘化钠、碘化铯、三联苯等。由聚苯乙烯—对联三苯—POPOP普通塑料闪烁体，外加少量的无机物制成。塑料闪烁体应避光保存，不得暴晒，抛光面不要用手摸和与其他硬物接触，以防划痕，忌用有机溶剂洗擦。信号变换电路包括放大器、成形器、甄别器等单元电路，其功能是把探测器输出的一系列幅度、间隔不同的剂量脉冲信号变为数据处理器所需要的信号。数据处理器用于数据采集、运算和各种信号的实时控制。飞机高度、速度、航向、空中 γ 剂量率等数据，经计算机处理后，将测量的空中 γ 剂量率换算成地面 γ 剂量率，并把测量位置、测量时间等参数，用显示记录设备显示和记录下来。有遥测输出设备时，还可以将测量结果传送到地面接收站。常用的显示记录设备有电表、数字显示器、打印机和纸带记录器等。电源变换电路将飞机上的直流电源转换成航测仪所需的各种工作电压，供航测仪使用。航测仪主机除了数据处理系统外，还有一些其他电路，如剂量信号输入电路、地标信号电路、加热及温控电路等。（种明欧）

jizaishi hefushe tanceyi

机载式核辐射探测仪 (airborne nuclear radiation detector) 见航空辐射测量仪。

feixingyuan weixing jiliangyi

飞行员微型剂量仪 (micro dosemeter for pilot) 飞行员使用的测量吸收剂量的核辐射探测仪器（见图）。飞行员可随身携带，用于实时自动监测辐射的吸收剂量及环境的辐射水平，还可监测宇宙



飞行员微型剂量仪

辐射和中子辐射，测量内容包括累积剂量和剂量率。美国、法国、德国已装备。剂量仪由微型计数管、小高压直流变换电路、液晶显示电路、红外数据发射电路、量程自动转换电路和内置存储器组成。计数管为射线敏感元件，用于吸收射线能量并输出电脉冲信号；高压电路将1.5V 直流电转换成450V直流高压，以提供计数管的工作电压；液晶显示电路驱动液晶显示屏完成测量结果的屏幕显示过程。

测量数据以记录的形式存储和输出，存储器能把大量的剂量数据暂存于仪器内。当剂量数值达到一定值域时，仪器自动转换量程。依据剂量防护标准以及特定需要，可任意设定灵敏度，超过预置灵敏度，仪器自动发出声光报警信号。使用前必须预置剂量阈值（最低允许剂量）和工作时间，可手动调节仪器面板上按钮设定进入和离开辐射环境的时间，也可

通过剂量读出器由计算机设定以上参数。

仪器既可以独立完成个人剂量的监督测量，亦可以作为剂量管理系统的探测子件。测量结果可通过红外发射电路由剂量读出器自动读取，再与计算机串口通讯输出到计算机，由计算机完成剂量数据的入库和分析处理，实现剂量管理的自动化。 （尹连革）

jizai dangliangyi

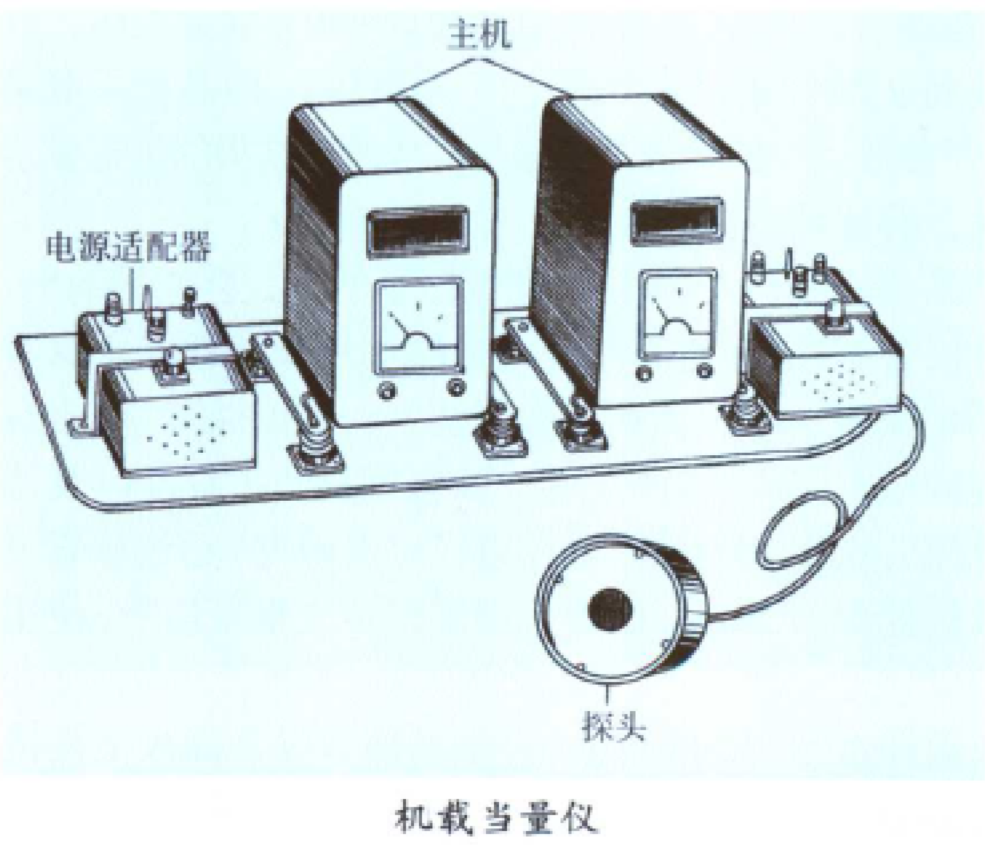
机载当量仪 (airborne equivalent set) 安装在飞机上的核爆炸当量测量仪器。仪器可实时自动测量爆炸当量，迅速获取关键数据，是一种空中近距离核爆炸探测器材。

当量是描述核弹威力的首要参数和核爆炸效应的决定因素，其中光辐射的主要参数与当量密切相关。依据核爆炸探测理论，光辐射照度曲线上最小照度到达时间与爆炸当量之间存在着比较稳定的对应关系：

$$Temin=BQm$$

式中，Temin为最小照度到达时间（毫秒），Q为爆炸威力（千吨梯恩梯当量），B和m是与探测元件的响应波长和爆炸方式有关的常数。能准确测量出光辐射最小照度到达时间，就可迅速计算出核爆炸当量。机载当量仪运用光电变换原理，通过测量光辐射最小照度到达时间来确定爆炸当量。

机载当量仪由探头、主机和电源3部分组成（见图）。探头安装在机身外部，主要包括光电变换器件和信号预处理电路，用来接收核爆炸光辐射信号，再将其转换成电信号并进行放大、整形等先期处理，然后送给主机。主机是整个仪器的核心部件，通常安装在飞机座舱内，由控制、运算、判别、显示、自检等电路组成，它接收来自探头的电信号并进一步加工处理，完成最终测量，输出显示当量数值。电源既可以直接选用机上专用的直流电源适配器，也可以外接蓄电池组。开机之后，测量全过程自动进行，不需要人工干预。



机载当量仪

伴随电子技术特别是计算机技术的发展，核爆炸自动测量技术日趋先进、高科技化，机载当量测量技术将朝着进一步提高抗干扰能力、增强可靠性、增大探测距离，并能对核爆炸产生的多种效应进行综合测量的方向发展。

（尹连革 房厚基）

kongjun hebaozha leida tance xitong

空军核爆炸雷达探测系统 (air force radar detecting system for nuclear explosion) 空军使用雷达实时探测核爆炸，报知效应参数的自动化数据处理设备。由雷达、计算机、打印机等组成（见图）。雷达探测核爆炸的精度受爆炸方式、雷达程式、距爆心距离、天线架设高度等因素的影响，但具有探测距离远、速度快、不受气象条件影响等特点，而且雷达布设分布面广，组织严密，是核爆炸探测的重要手段。



雷达探测核爆炸系统方框图

雷达探测核爆炸的原理是：核爆炸的火球、烟云尘柱及其变化状态都能反射雷达电磁波，且反射回波在雷达荧光屏上与一般目标回波区别明显，回波描迹结构变化大。其回波特征是：爆炸瞬间，受到核电磁脉冲的干扰，回波信号很强，常达到饱和或过饱和状态，宽度一般在10～20千米以上；高度变化大，上升速度快，波宽、亮度、波内组织变化激烈；回波的方位、距离变化小，显示时间短。当爆高一定时，某时刻的烟云顶高和上升速度以及回波波形变化、持续时间等特征均与当量直接相关，可据此估算其当量。

雷达显示核爆炸的过程是：爆炸瞬间荧光屏迅闪，出现火花式的干扰，随即出现火球回波，不断扩大，呈现饱和状态；数秒或几十秒后，荧光屏显示烟云与尘柱的混合波；烟云回波增宽，并迅速上升，几分钟后，烟云回波变化缓慢直至稳定；随后回波由大变小、由宽变窄、由亮变暗直至消失。

在观测大气层核试验的实践中，使用的雷达从VHF波段到×波段，包括警戒雷达、引导雷达和测高雷达，观测距离距爆心50千米至数百千米，均能取得预期效果。 （尹连革）

jichang hehuajiance xitong

机场核化监测系统 (airfield nuclear and chemical monitoring system) 空军用于机场监测核爆炸和染毒情况的设备。为空军作战指挥机构和部队快速掌握核化情况提供信息。一般由中心控制台、核爆观测仪、核辐射探测器、自动毒剂报警器和电台等组成。控制台安装在空军机场指挥中心，由微机大屏幕监视器、键盘、指示灯、蜂鸣器、打印机、绘图仪等组成。其功能是：接收、处理、显示、输出各种测量结果，给出报警及故障讯号；进行核爆炸毁伤范围估算及有关计算；在显示器上显示机场跑道和传感器分布情况、各测量点的测量值、允许照射剂量、各点的损坏情况等。核爆炸观测仪用于及时发现核爆情况，将获得的一系列核爆参数及时传送到指挥控制中心，为预测估算提供依据。核辐射探测器及自动毒剂报警器安装在机场各重要地点，用于测量仪器所在地点的辐射和染毒信息，并通过导线或无线电台传送。测量点的多少视机场的具体情况而定。系统还可进行训练模拟演练，也可用于环境监测。

（种明欧）

kongjun hehua xiaoying zidong yuce-yi

空军核化效应自动预测仪 (air force automatic predicting instrument of nuclear and chemical effects) 空军用于核化武器袭击后自动估算各种毁伤效应的设备。由袖珍式计算机、打印机、绘图仪、磁带机组成。计算机配有“防化作业控制卡”即高速存储控制器，固化了防化作业全部

程序和部分中央控制程序，参与计算机系统的管理与数据的存取。使用时可随时进行各种核化效应的自动计算、打印和绘图作业，实现了便携式防化预测估算装备器材的自动化和系统化。该仪器可对核爆炸冲击波、光辐射、早期核辐射、地面放射性沾染和核电磁脉冲等毁伤效应以及化学污染范围和烟幕施放效果进行估算预测，自动绘制核化效应图形；估算人员、装备等91种目标的核毁伤范围；预测核爆烟云扩散的核沾染空域范围和飞机穿过核烟云对人员的照射剂量。在防化作业开始几分钟的运算结果中便可全面了解目标的核损伤中度破坏半径，立即绘制出损伤范围图形。经加固具有抗震、抗伞降落地的冲击，可单人携带适合野战条件的需要。

（林梅苓）

kongjun zhihuisuo hehua xinxi chuli xianshi xitong

空军指挥所核化信息处理显示系统 (nuclear and chemical information processing system of air force command post)

空军指挥所在核爆炸后进行防化作业的核化信息处理显示自动化系统。是适应核化条件下空中攻防作战对核化信息快速处理的要求，集作战指挥、防化作业、训练等多方面战术技术使用要求于一体的综合性系统。由计算机、大屏幕电子标图显示器（或高分辨率监视器）、地图输入扫描仪、打印机、绘图仪等组成。主要功能：①核化预测估算。能估算核化武器袭击的各种破坏效应、核爆参数。在地图背景上动态显示以下内容：核爆炸的位置、当量、爆高和比高；人员装备和空军目标的瞬时核毁伤范围图形；目标系统布局范围的核毁伤概率；空中放射性核烟云扩散空域的位置、范围图形及云中γ剂量率和β放射性浓度估算；地面放射性沾染分布范围及边界图形；快速反推核观测数据；化学武器爆炸的位置；毒剂危害范围边界图形等。"核毁伤率法"突破了单件兵器的估算模式，能估算整个目标系统的核毁伤率。该系统兼容了现装备防化作业箱核化估算和图形作业的全部内容。②核化实测信息处理。自动计算处理测报的核、化学实测数据，监测核放射性扩散过程，以图形显示并标定实测核沾染空、地域边界和等级、热线走向，并有声响报警。可监测化学毒剂扩散过程，并以图形显示染毒地点、时间、范围等，亦有声响报警。③指挥所电子屏幕图形推演作业。空军指挥所在核化条件下攻防作战或演习中组织指挥和战术运用时进行图形推演作业的大屏幕自动显示。系统采用微机动态图形技术，显示空情航迹动态图形；战术图形推演；建立各种航迹和核、化实测数据库；以中断技术实现空情和核化预测估算及实测图形信息的动态接收和修改等。以图形报表的形式向大屏幕或监视器、打印机和绘图仪输出，进行电子标图，为指挥员组织作战行动提供防化保障。系统自成体系，可与空军指挥自动化系统联网，是空军攻防作战体系的重要组成部分。平时还可对核事故放射性进行预测估算和实测显示。

（林梅苓）

jichang duji baojingqi

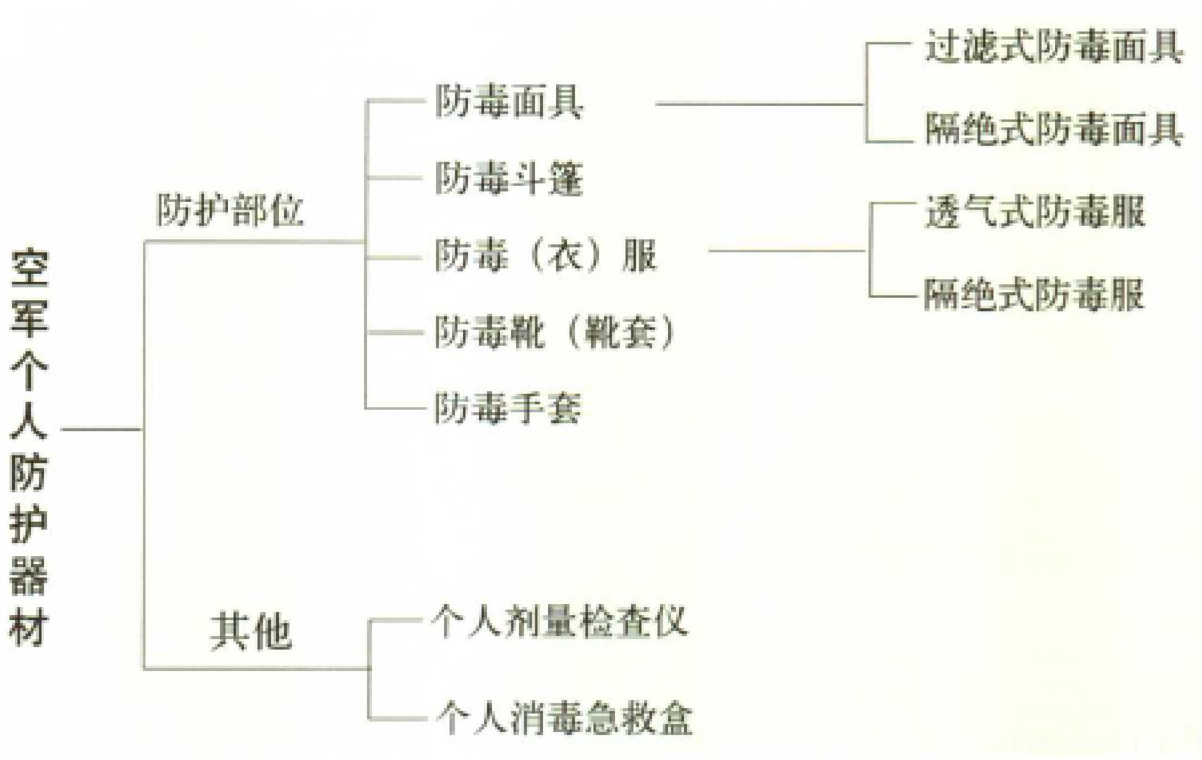
机场毒剂报警器 (airfield chemical agent alarm) 安置在机场区域内用于监测空气染毒情况，自动发现并发出报警信号的化学侦察器材。一般安装在机场塔台地下工事内，并与计算机相接，为空军部队采取防护措施和解除防护提供依据。按监测距离远近和地域大小，可分为点测和遥测毒剂报警器两种；按工作原理可分为化学、物理和生物化学类型。遥测毒剂报警器又分为有线遥测和无线遥感，后者还分为主动式和被动式。报警器的工作原理是试剂或一定的光、热、电物理信号和毒剂作用后产生相应的电量或非电量变化，非电量的由换能器转换成电信号，随后进行放大，推动负载，发出光、声报警信号。

（王　华）

kongjun geren fanghu qicai

空军个人防护器材 (air force individual protective equipment) 空军用于个人免受毒剂、生物战剂和放射性灰尘伤害的各种器材的总称（见图）。亦称个人三防器材。主要包括：防毒面具，防毒（衣）服、防毒斗篷、防毒手套、防毒靴（靴套）。防毒面具分为过滤式和隔绝式，防毒衣分为透气式和隔绝式。通常还包括配发给个人用于测量人员所受核辐射剂量的剂量仪、侦检毒剂液滴的侦毒纸、消毒用的消毒包、预防含磷毒剂的药物和急救用的自动注射器等。中国人民解放军空军于20世纪90年代末期，先后研制成功歼击机飞行员个人防毒装具和直升机飞行员呼吸道防护装具。

（卓家河）



feixingyuan geren fangdu zhuangju

飞行员个人防毒装具 (individual chemical protective outfit for pilot) 飞行员个人用于免受毒剂、生物战剂和放射性灰尘伤害的防护装具。包括：①呼吸道防毒装具。由密闭式飞行头盔和过滤鼓风装置(内含滤毒罐、微型鼓风机和电池组)两部分组成，用于保护呼吸道、



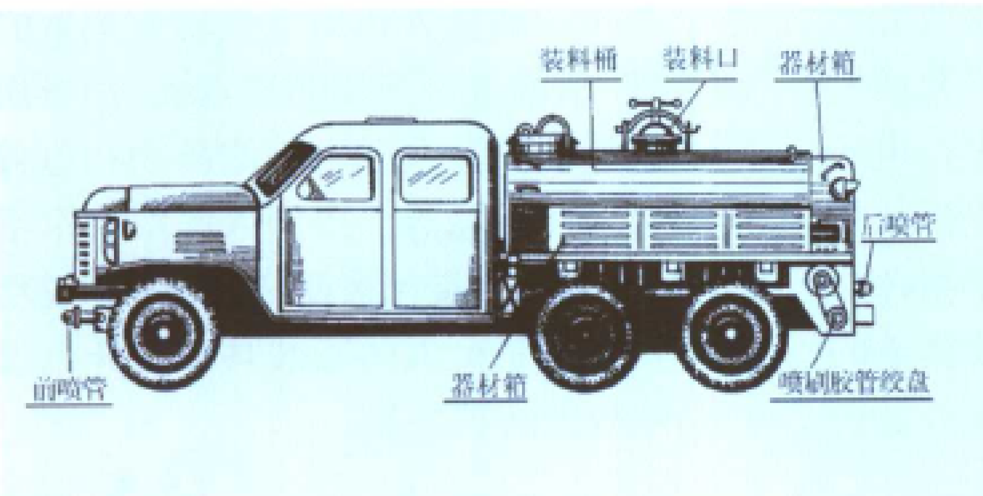
飞行员着装防毒装具

眼睛和面部免受伤害。②皮肤防毒装具。由防毒服、防毒靴套和防毒手套组成，用于保护全身皮肤免受伤害。防毒服与代偿服、通风服等配套使用。在地面受染环境中，飞行员通常佩戴密闭式飞行头盔，着防毒服、防毒手套和防毒靴套，头盔吸氧端接过滤鼓风装置，呼吸用过滤后的清洁空气；登机后，头盔吸氧端与机上供氧系统相连接。

（卓家河）

feiji xixiao qicai

飞机洗消器材 (aircraft decontaminating equipment) 对染有毒剂、生物战剂、放射性物质的飞机进行消毒和消除沾染所用器材的统称。主要有：①喷洒车（见图）。



喷洒车

基本构造是在越野车底盘上装有水泵、装料桶、专用喷洒装置、传动装置、测量显示仪表和附件。消毒时，采用次氯酸盐类消毒剂和碱性消毒剂等，按一定比例加水调制成消毒液，利用氧化、氯化和催化水解作用，使毒剂失去毒性。对生物战剂消毒时还可采用石炭酸、福尔马林等消毒药物，按要求配制成消毒液。消除放射性沾染时，将洗涤剂、络合剂等用水调制成不同的消除液或用水直接冲洗，利用润湿、洗涤和络合作用消除放射性物质。②消毒箱。由擦拭器材、简易毒剂侦检器材、防护器材、个人消毒器材、飞机消毒器、消毒剂、人员急救器材、备件和工具组成。③洗消剂。分为消毒剂和消除剂。可用于飞机消毒的有次氯酸钙和氯胺，可用水或有机溶剂调制成洗消液，还可用某些洗消剂调制成具有多效作用的碱醇胺体系消毒液。消毒剂与毒剂发生化学反应（如氧化、氯化、水解、热分解等）。此外，还有利用物理吸附原理的活性白土吸附剂，也可达到一定消毒效果。消除剂有洗涤剂和络合剂，用以增强水的洗消能力。

未来飞机洗消器材，将发展高效、无腐蚀（或低腐蚀）、一剂多消、无毒、无环境污染、适应性强的专用洗消剂；发展多功能洗消系统和固定式大型综合洗消系统等，具备作业量大、机动性好和适应性强、能昼夜作业功能，可对飞机外表面、座舱、发动机、进气系统实施洗消的装备器材。

（边德宗）

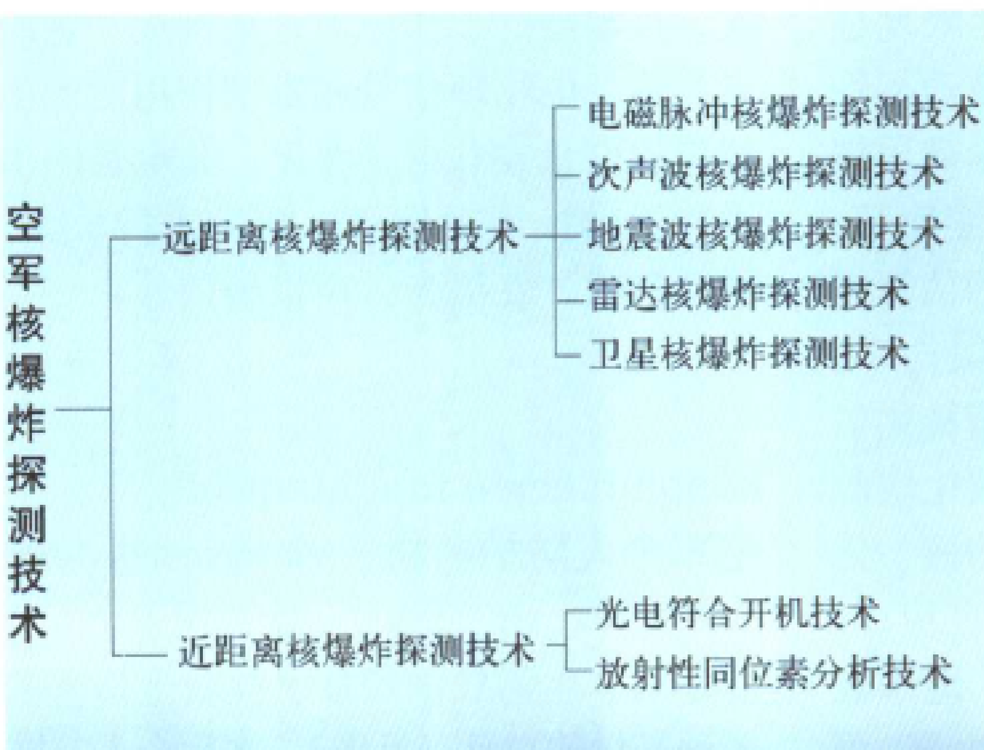
feiji xiaoduqi

飞机消毒器 (aircraft disinfector) 对飞机实施局部消毒的洗消器材。是单人便携式消毒器。由储液钢瓶、高压气瓶、喷嘴、阀门和安全阀等组成，另附有飞机消毒液、充气接头和工具等。储液钢瓶用来装消毒液，高压气瓶与储液钢瓶连接，为储液钢瓶提供高压气体。消毒时，将消毒液加到储液钢瓶内，打开高压气瓶阀，按压阀门，消毒液在高压气体推动下经喷嘴迅速雾化，均匀喷洒在受染飞机表面。气瓶内的高压气体由机场充冷车补给。消毒剂是碱醇胺类消毒液，这种消毒液形成的醇淦与毒剂发生反应，使毒剂失去毒性。

（边德宗）

kongjun hebaozha tance jishu

空军核爆炸探测技术 (air force technology of nuclear explosion detecting) 空军对核爆炸效果进行测量和分析的技术。用于判明核爆炸的时间、位置、当量和爆炸方式等。按探测距离，可分为远距离、中距离和近距离核爆炸探测。主要方法有：核爆炸电磁脉冲探测、次声波探测、地震波探测、雷达探测、卫星探测、光电符合开机探测及放射性同位素探测（见图）。



核爆炸电磁脉冲探测 通过探测接收核电磁脉冲波形探测核爆炸的技术。核电磁脉冲波是核爆炸释放的γ、x射线与周围介质相互作用，而散发出非对称的高速康普顿电子流所激励出的随时间变化的电磁场。核电磁脉冲以接近光的速度向外传播，在不同位置（至少3个）设立标定过的电磁脉冲信号监测站，根据核电磁脉冲信号特征，即可在距离爆心数千千米之外，于爆后瞬间测到核爆炸发生的时间、地点和威力等参数。其主要优点是反应迅速，分辨率高。20世纪60年代后，美国、苏联广泛用其进行核监测和获取对方核爆炸资料。

核爆炸次声波探测 核爆炸产生的冲击波在大气层内形成向远距离传播的压力波，退化为声波，声波高频部分逐渐被空气吸收，低频部分（次声波）能传很远的距离。一次核爆炸的次声波群持续时间可达几十分钟。这种波的特征和核爆炸的威力、爆高以及测量点到爆炸点的距离有关。通过测量次声波便可探测到核爆炸。

核爆炸地震波探测 核爆炸产生的冲击波有一部分转化为地震波，以弹性波的形式通过地球介质向外传播。利用拾震器和记录仪组成探测站，可收到核爆炸地震波信号，能比较准确地获得地（水）下和低空核爆炸的资料。国内外已把它作为核探测的主要手段。利用地震波探测核爆炸，当量可以准确到1个量级之内，方位误差几十千米，时间误差可达几秒。其主要难点在于核爆炸激发的地震波与大量的天然地震信号的识别。

核爆炸雷达探测 在大气层核试验中，各种不同程式、不同频率的地面对空雷达，不仅可以对携带核弹的飞机进行监视，还可以对投下的核弹进行判断和定位，并可测报核爆炸的高度，通过观测、分析核爆炸的回波特征及参数，可以概略估算核爆炸当量。雷达探测法具有测报速度快、观测不受气象条件影响、观测距离远等优点，但其估测的精度不如光学仪器。

核爆炸卫星探测 利用人造卫星对核爆炸进行探测，主要在侦察卫星上安装中子、γ和x射线、光学及电磁脉

冲传感器，测量中子、γ射线和核爆光辐射特征等，以获得核爆炸的有关信号，再转换为无线电信号发送到地面以判断核爆发生时间、地点和威力等。卫星探测系统能对大气层及外层空间进行全方位的监视，可在全球范围探测、定位并实时记录发生的任何核爆炸。该技术日益受到各国的重视。

核爆炸光电符合开机探测　利用核爆炸瞬间产生的光辐射和核电磁脉冲合成信号自动控制核爆炸观测仪器转入测量工作状态的技术。它同时利用核爆炸特有的光辐射和核电磁脉冲信号保证核爆炸观测仪正确开机，有效的减少核爆炸观测仪器的误报率。

核爆炸放射性同位素探测　是通过收集放射性碎片进行化学分析以探测核爆炸。利用航空器、车辆等运载工具携带专用仪器，在空中或地面取样，通过放化分离元素，然后进行同位素的物理测量或快速物理分析，就可得到核爆炸的某些参数。其可信度高、信息量大。缺点是速度慢、受气象条件影响较大。

未来空军核爆炸探测技术，将广泛使用航天器，进一步提高探测效率。

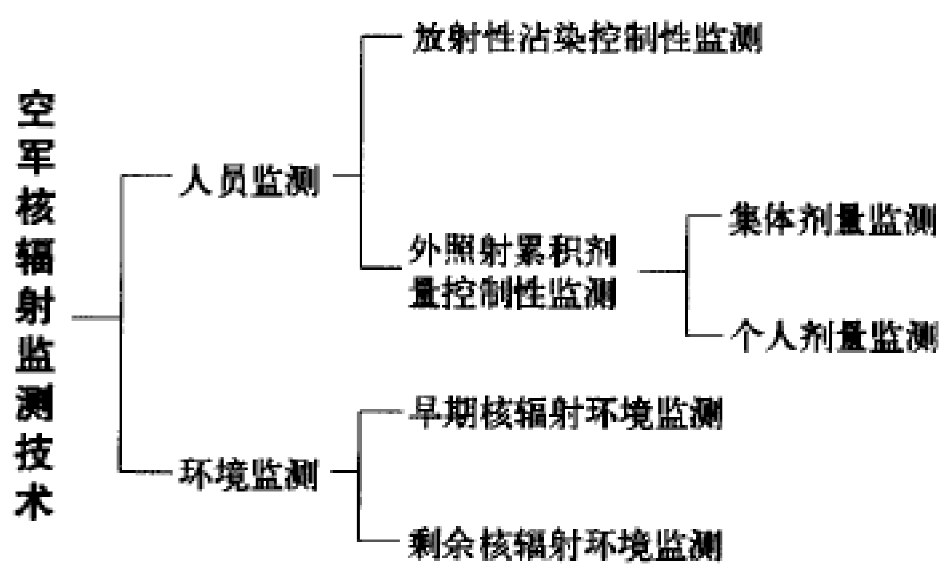
（金艳洁）

kongjun hefushe jiance jishu

空军核辐射监测技术 (air force technology of nuclear radiation monitoring)　空军探测核爆炸早期核辐射与剩余核辐射，评估人员体内外辐照剂量、急性辐射危害的技术。又称空军辐射防护监测。目的是能及时采取有效措施，防止人员急性辐射损伤非随机性效应的发生或减轻其效应，并使远期辐射损伤随机性效应的发生率降低至合理的可接受的水平。通常使用各类通用或专用的核辐射剂量探测仪器和技术实施测量，如核爆烟云的侦察取样、航空辐射侦察、遥控无人驾驶飞行器辐射侦察等特有的核辐射监测技术。是空军C^3I系统核信息获取手段的组成部分。

监测对象　战时，空军核辐射监测的对象是爆炸后产生的早期与剩余核辐射中的γ、中子、α和β辐射。平时，核电站泄露、核动力卫星陨落至地球等核事故中，可能造成环境的放射性沾染，空军需要进行一系列场外环境应急辐射监测和应急救援人员的个人监测。许多国家尽量使战时核辐射监测系统能与平时核事故的应急监测技术相兼容。但核事故中泄露的放射性物质及其在大气中传输和扩散具有特殊的规律。例如：在核动力反应堆冷却剂丧失、堆芯熔化的严重事故中，主要是裂变产物中的放射性惰性气体和易挥发的放射性碘等核素排放到自然环境中，不断造成近地面的放射性烟羽，在漂移、扩散和沉降的过程中直接或间接引起对人员体内外辐照的危害。要求有针对性地对战时核辐射监测方法和技术加以充实和提高。

分类　战时空军核辐射监测按功能可分为环境监测（含场所）和人员监测（见图）。环境监测，即对潜在辐射危害



进行的预防性监测。包括早期核辐射环境监测和剩余核辐射环境监测。人员监测，指对人员遭受的体内外放射性沾染和外照射累积剂量的控制性监测。通常包括对人员的服装与皮肤表面放射性活度的发现、测量，对人体内已摄入的放射性核素的探测，及对关键器官剂量的评估。监测结果主要用于确定人员是否需要洗消或医学卫生处理以及洗消和处理的效果。

监测方法　战时空军核辐射监测方法，可分为剂量测量法和辐射测量法。剂量测量法，指探测介质吸收核辐射能量后给出的响应与介质的吸收剂量（或吸收剂量率）成比例。例如，辐照中气体电离室响应（输出电流）与其室壁材料的吸收剂量率成比例；辐照后热释光探测介质给出的发光响应与其吸收剂量成比例等。辐射测量法，指探测介质受核辐射照射后给出与辐射强度（注量率）成比例的响应。例如，γ辐照中盖革-弥勒气体计数管的响应（气体放电脉冲率）与γ光子注量率成比例。辐射测量法中还有能谱测量法，即测定辐射某一特定能量及其响应的辐射强度。剂量测量和辐射测量两种方法都可用于人员外照射与环境的剂量（或剂量率）监测，而辐射测量法又主要用于人员与环境的放射性活度监测。裂变产物是兼有γ、β辐射的发射体，放射性活度的监测也可分别采用测量β辐射强度或γ辐射强度的方法，前者称β法，后者称γ法。两种方法各有利弊，一般应结合使用。能谱测量法，主要用于人员与环境监测中的核素分析，一般利用高纯锗半导体探测器和多道脉冲幅度分析的组成的高分辨γ能谱测量系统，可以有效、快速地确定人体内或沾染样品的放射性核素种类和活度。战时空军核辐射探测的结果主要用于评估人体内外辐照引起急性辐射损伤的关键器官的平均吸收剂量。对于人员的γ与中子辐射的外照射，主要指骨髓的平均吸收剂量，因为它最能表征放射病的严重程度。

随着各种核爆炸和核电站事故等造成的辐射环境的剂量学特征、急性辐射损伤的表征辐射量和实用辐射量及各种辐射测量、剂量测量方法等军用核辐射剂量学研究的深入，以及计算物理学、计算机智能化等新技术的应用，空军战时和平时应急核辐射监测技术将得到进一步发展。

（仲明欧）

kongjun huaxue zhencha jishu

空军化学侦察技术 (air force chemical reconnaissance technology)　空军用于发现并查明遭敌化学袭击后毒剂种类和染毒情况技术的总称。目的是及时采取有效措施减少人员伤亡。通常使用各类通用或空军专用的化学侦察器材实施测量，通过毒剂分子的物理、化学、生物化学和毒理等特性，识别毒剂和测定其含量，将测量结果直接用于保障空军部队在化学条件下的作战指挥和化学防护，是战时空军C^4I系统所需的信息获取手段的组成部分。包括化学观察、报警、侦毒、监测和化验等技术。化学观察技术用于观测化学袭击情况和毒剂扩散方向；报警技术用于及时发现化学袭击并声光报警；侦毒技术用于发现并查明毒区边界和采样；监测技术用于连续或间断测定受染空气、水源、地面或各种物体表面的染毒程度及其变化情况；化验技术用

于对各种染毒样品进行化验验证，确定毒剂种类、染毒密度，以及确认未知毒剂的化学结构。

简史 化学侦察技术是随着化学武器的兴起和分析技术的进步而发展起来的。始于第一次世界大战，采用简易浸渍方法；第二次世界大战期间，化学战的威胁推动了化学侦察技术的发展，利用化学变色原理鉴别；由仅以化学原理为基础逐步发展到生物化学、物理化学和物理原理的方法。战后，随着新技术的迅猛发展和神经性毒剂大量装备军队，化学侦察技术又有了新的发展，现场侦察发展为远距离侦察，侦察结果的人工判定逐步发展为电子计算机判定。

分类及主要内容 通常采用毒剂遥感侦测技术、毒剂激光遥测技术、毒剂色质谱分析技术、机器人化学侦察技术、生物侦检毒剂技术等高科技手段。①毒剂遥感侦测技术。用于远距离感知毒剂种类和浓度的综合性技术。利用电磁波和毒剂云团相互作用产生吸收或散射作用，通过红外遥感器，从高空或地面远距离感受来自染毒区域的电磁波信息，经光学、电子技术处理成为图像和数据，从中获得信息。②毒剂激光遥测技术。是利用传感器对相隔一定距离的被测物体表面以及空气中的毒剂的参量进行检测，并把测得结果传送到接收地点的技术。常用于空军辖区环境的大面积监测和报警，为指挥控制提供信息，并为改进武器装备的设计提供依据。③毒剂色质谱分析技术。是当前毒剂分析中常用的一种手段。应用色质谱仪对地面和空气自动进行取样分析，并用计算机进行结果鉴别，能迅速、准确确定出毒剂的种类和浓度。④机器人化学侦察技术。利用具有特定功能的自动化机器进行的化学侦察。化学侦察报警机器人，能担任侦检、探测、绘图、报知和标志等任务。美国研制了远程化学战剂报警机器人，可侦检、探测距离为4.8千米。美国国防部为了进行战场快速化学侦察，正研制由地面数据中心、遥控跟踪站、发射装置、回收装置、遥控飞行器组成的情报系统，用于化学、生物环境侦察。⑤生物侦检毒剂技术。运用基因操作和生物反应等技术达到化学侦察特定目的的技术。美军已利用DNA重组技术、酶工程研制了侦检报警沙林、梭曼的单克隆抗体生物传感涂料。

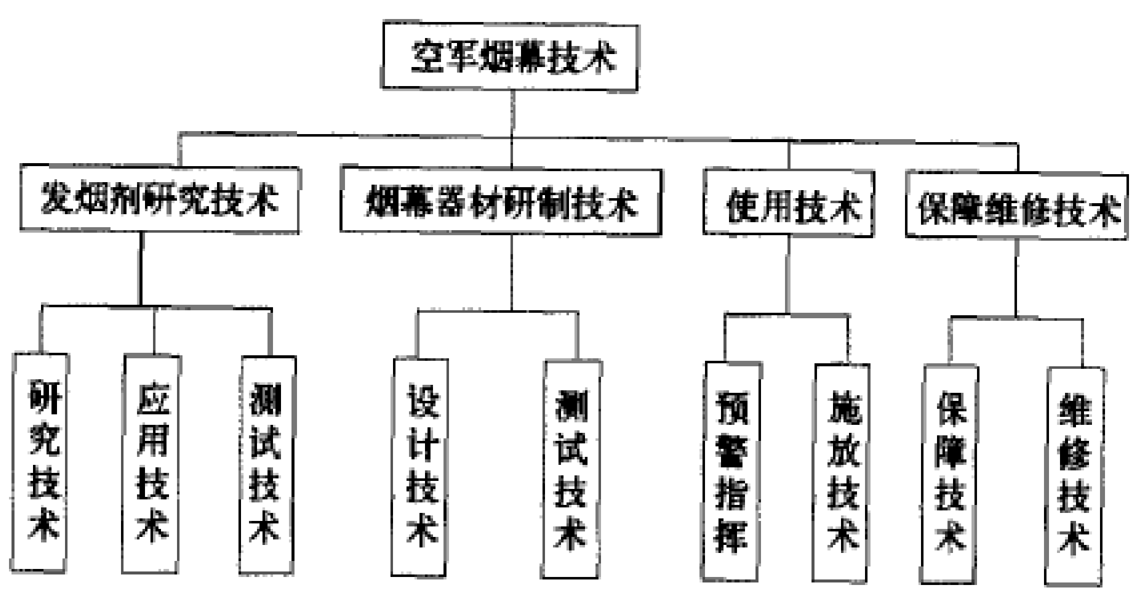
发展趋势 随着高技术的应用，将使空军化学侦察技术能对大面积毒区进行远距离观测和预警；将在各种场合对极低浓度毒剂进行监测，同时对多种毒剂进行侦毒、报警和分辨，并对未知毒剂分子结构进行快速分析；利用计算机控制技术设计自动化装备，利用仿生技术扩展化学侦察技术手段；空间技术的应用，将使化学监测进一步向空间发展；遥测、遥感和计算机技术的应用，将使化学武器袭击的报警和侦察趋向智能化。

（王　华）

kongjun yanmu jishu

空军烟幕技术 (air force smoke technology) 空军用于发烟剂及器材的研制、使用、保障和维修等技术的总称。是适应战争需要而兴起的一项集应用化学、光学、电子学、武器技术、预警、情报技术等多项技术于一体的综合技术。发烟剂和发烟装备使用始于第一次世界大战，第二次世界大战期间，发烟剂种类增多，新的发烟装备也不断出现，航空烟幕炸弹、航空烟幕布洒器在作战中广泛使用。第四次中东战争及多次局部战争成功使用烟幕的战例，重新引起人们对发烟装备的重视。越南战争期间，越方采用烟幕对抗手段，曾使美空军投下的数十枚激光制导炸弹无一命中，开创了烟幕对抗精确制导武器的先例。随着现代高技术战争和战争形态的演变，烟幕技术的应用领域正在不断拓宽。

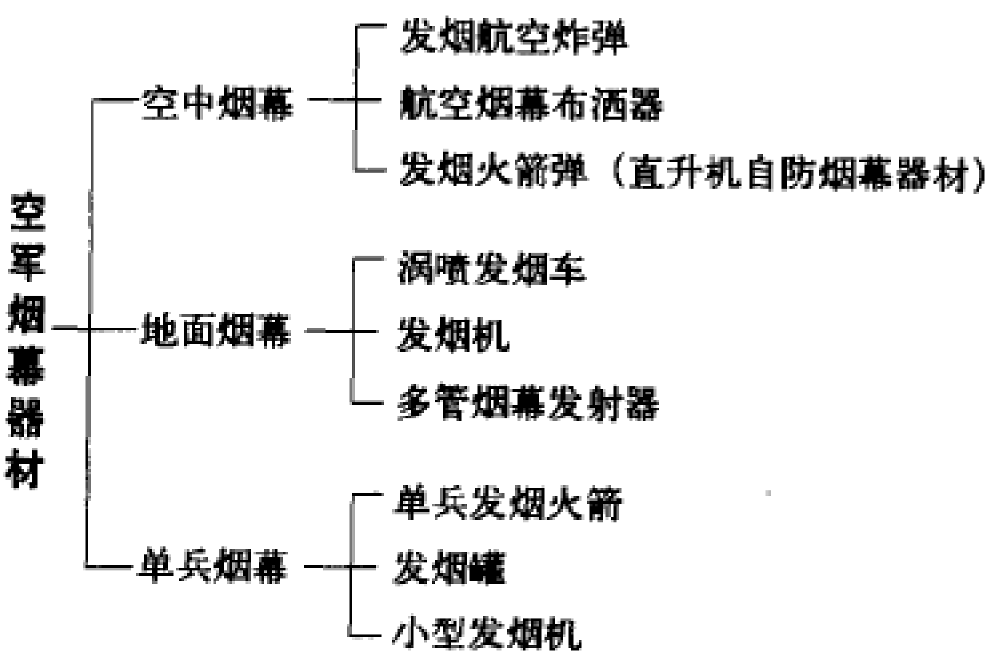
空军烟幕技术包括（见图）：①发烟剂研究技术。在新型发烟剂研究和已有发烟剂的改进过程中，研究满足空军攻防作战使用的发烟剂而应用的技术。②烟幕器材研制技术。即在论证新型烟幕器材、改进已有器材和验证烟幕装备过程中所应用的技术。③烟幕器材使用技术。在烟幕器材使用过程中，根据战时空情预警情报和战场环境、地形环境、气象条件和作战需要等综合因素，依据操作规程合理使用各种烟幕器材。④烟幕器材保障和维修技术。保障技术包括器材种类、数量、战时供应、补充方案、补充方式、补充途径等措施的制定和实施。战时烟幕器材使用面广，消耗量大，保障难度大，需要多方式、多途径的综合保障技术。维修技术包括各种烟幕器材平时的仓储、维护、保养及修理技术，其中修理技术包括车辆、发烟机、航空发烟器、涡喷发动机、相关仪器仪表、烟幕火箭发射装置和抛射式发烟装置修理技术等。



（魏　友）

kongjun yanmu qicai

空军烟幕器材 (air force smoke equipment) 空军用于施放烟幕和遂行烟幕保障的弹药、器材和车辆的总称。在进攻与防御战斗中用以构成遮蔽、迷盲和干扰烟幕。主要包括（见图）：①空中烟幕器材。包括发烟航空炸弹、航空烟幕布洒器、发烟火箭弹和直升机自防烟幕器材。②地面烟幕器材。包括涡喷大功率发烟车、发烟机和多管烟幕发射器，施放遮蔽地面固定目标烟幕，用以妨碍敌方侦察和轰炸。③单兵



烟幕器材。包括单兵发烟火箭、大中型发烟罐和小型发烟机，供空降兵专用，在敌方阵地或敌对双方之间施放烟幕，掩护空降突击部队的展开和攻击。

（魏 友）

feiji caise layan zhuangzhi

飞机彩色拉烟装置 (aircraft color smoke generator) 显示飞机飞行形态和航迹的拉烟设备。主要有液体和固体两种彩色拉烟装置。液体彩色拉烟装置由拉烟罐、管路、喷嘴等组成。通过管路连接拉烟罐、喷嘴；拉烟罐内盛放液体彩色发烟剂，采用喷口雾化形成彩烟；使用时飞行员按动控制钮启动电磁阀，形成彩色烟带。固体彩色拉烟装置由拉烟器、彩色拉烟弹、挂梁等组成。挂梁连接拉烟器与飞机机翼或机身，拉烟器是装拉烟弹的壳体，每个拉烟器内装有多枚彩色拉烟弹，拉烟弹内装固体彩色发烟剂药柱、引燃药和点火头等；发烟剂由氧化剂、燃烧剂、染料、固化剂、燃烧稳定剂等组成；通过电点火引燃引燃药，在高温作用下，发烟药柱中的氧化剂分解释放出氧，供燃烧剂燃烧，燃烧产生的热量使染料升华，形成过热蒸气从发烟口喷出，在空气中遇冷凝结为小颗粒即成彩烟。使用时飞行员按动控制钮启动电点火装置，拉烟器内的拉烟弹按顺序发烟，形成彩色烟带（见图）。



飞机空中拉烟 陆明华摄

20世纪80年代初，中国人民解放军空军成功研制了液体彩色拉烟装置，尔后又研制了固体彩色拉烟装置。液体彩色拉烟装置可施放红、橙、黄、绿、蓝、紫、白7种颜色的拉烟，拉烟时间不少于5分钟；固体拉烟装置可施放有红、橙、黄、蓝、紫5种颜色的拉烟，拉烟时间不少于15秒。

（陈 朴）

空军系统工程

kongjun xitong gongcheng

空军系统工程 (air force systems engineering) 运用系统科学的理论和运筹分析的方法，研究和筹划空军建设、作战、管理的方法和技术。军事系统工程的组成部分。空军系统工程以空军军事活动的预期目标为出发点，综合运用系统科学、军事科学、自然科学、社会科学等科学门类的理论和方法，对空军的战略研究、武器装备研制和使用、作战指挥、后勤保障、行政管理等军事活动进行研究、设计、组织和控制，形成高效的空军指挥控制网络，使空军各部门组成一个协调的整体，在各种环境条件下，都能充分利用资源，使空军系统在结构、功能等方面实现综合优化，以期取得最佳整体效益。

研究领域 空军系统工程以空军系统（包含空军本身及其相关环境因素）为研究对象，探讨并解决空军军事活动的各门类问题，为空军决策提供科学依据。主要包括：①进行军事预测，研究空军发展战略。通过对战争史和空军作战历史经验的研究，预测未来空军的战场环境、作战样式、作战方法、技术变革、军力对比以及军事政治对抗模式等，为研究未来空军的发展方向、发展模式和发展策略提供科学依据，为兵力、武器装备、保障体系的协调发展提供备选方案。②进行空军战场环境研究。为建立空军作战体系，进行战争准备，包括大型工程项目、武器装备和作战指挥控制系统的规划、设计、组织和管理提供依据和备选方案。③进行人才储备和智能研究。为发展和健全空军参谋组织，形成合理的人才结构，完善人才运行机制等提供方案。④进行运筹分析和策略研究。为空军系统各层次制定作战预案，进行兵力部署，火力配备，实施军事训练和战勤保障等提供备选方案及其评估准则，以期进行科学决策，提高空军的综合作战效益。

主要内容 空军的行业及其指挥管理体制使其具有诸多子系统，相应地产生不同类别的系统工程。如空军作战系统工程、空军装备系统工程、空军人才系统工程等。这些系统工程涉及的内容十分广泛，但其研究内容总体上可归纳为以下几个方面：①系统环境分析。空军系统的大环境包括有关空军建设、作战和管理的国内外政治、经济、军事、社会及自然状况，通过环境分析，明确与空军建设、作战和管理相关的有利及不利因素，获得空军系统结构与功能的约束条件。②系统目标分析。根据赋予空军的任务，确定系统目标，并通过目标合理性、可行性和经济性的论证获取系统指标体系，为评价系统功效，制定系统方案，确定系统相应策略提供依据。③系统方案设计。根据系统目标的要求，对空军系统或其子系统的结构、功能进行方案设计，建立模型并进行系统仿真，利用指标体系从可行与优化两方面进行评价，以确定备选方案集。④决策与组织实施。系统决策的过程也是系统评价的过程，除了建立空军军事活动的评价标准和选择评价方法之外，空军系统工程特别强调空军指挥员及其参谋机关在决策中的关键作用。组织实施就是进行系统管理，由于空军的组织指挥形式为层次网络结构，因此空军系统及其子系统的军事活动采用多级递阶管理模式。通过这种模式对系统运行进行控制和协调，可以取得较高效益，达到系统预期目标。

基本观念 为实现系统综合优化，空军系统工程遵循系统工程的基本指导思想并强调整体、关联、综合及适应性观念。①整体观念。从空军全局出发，始终把研究对象看成由若干要素有机结合而成的整体，并作为空军大系统的子系统对待，按照整体与部分之间的辨证关系来确定各组成部分的结构和功能特性。不但使系统的目标达到总体最优，还要使实现这些目标的方法和途径也能达到最优。②关联性观念。针对兵种和任务的多样性，空军系统工程不但重视处理好空军内部各组成部分之间相互作用又相互依赖的关系，还重视处理好外部环境因素对系统的影响，找出

各种因素之间的具体关联,并尽可能用明确的方式表述这种关系,用科学的方法处理好这种关系，使这些关系有序、相容、协调。③综合性观念。空军系统工程特别重视根据任务目的确定系统指标体系,并综合出可衡量系统效益的指标,同时综合运用各种学科的知识和方法,充分发挥参谋机关的智能和协调作用,应用多种工程技术和组织管理手段,以达到目标最优并实现系统整体最佳运行的目的。④适应性观念。空军系统工程通过建立高效率的信息网络,设立科学的决策机构并培养高素质的技术和管理人才,实现长远的发展规划,使得空军系统能较好的适应迅速发展变化的国内国际环境,使空军始终具有合理的结构、先进的机制、较高的效能，具有对其他军事系统的竞争能力。

工作程序 空军系统工程遵循系统工程的一般工作程序。它是一个包括时间维和逻辑维的两维结构。时间维把系统工程的整个活动过程按时间顺序划分为规划、拟定方案、研制、生产、安装调试、运行和更新等7个阶段，实际上是系统的全寿命周期管理过程。空军系统工程根据解决问题的需要，对这7个阶段进行必要的调整和变化。逻辑维指系统工程解决问题的工作步骤。一般分为明确问题、确定目标、建立方案模型、方案优化和决策实施5个步骤。空军系统具有一般军事大系统人员与武器结合，人为因素影响大,任务目的综合性强、时效性高及效益指标难以用严格数学模型量化描述等特点。为此,空军系统工程遵循软系统工程方法论的思路，按下列步骤工作：说明现状，即明确问题态势；弄清相关因素及因素之间的关系；建立概念模型；通过模拟、专家评议或比较的方法，逐步寻求满意的可行行动方案。

方法与技术 空军系统工程以计算机为工具，广泛采用预测技术、建模技术、优化技术、计算机仿真和信息等技术，有效地实现预定的系统目标。在建模、量化和实验工作中,空军系统工程常用的方法与技术有：①半经验半理论化的建模方法。在军事经验和观察的基础上，提出一种假想的数学表达式，用以说明主导因素对军事行动过程的影响，再从这一假设出发，经过严格的理论推演，得出种种说明军事活动过程发展规律的结论，若这些结论能为有代表性的事例所证实，这种半经验假想就可作为建立类似活动过程数学模型的基础。②统计实验的量化方法。通过建立概率模型并对其进行随机实验，获取军事活动过程因随机因素引起的波动，通过一系列统计实验，产生模型系统信息的概率分布。只要进行足够次数的实验，统计实验的误差就尽可能小。把统计实验所获得的有关模型系统信息与实际系统运行的结果相比较，可以推测出模型系统近似于实际系统的程度。若用统计实验获得的有关模型系统信息与其他同类模型的解析值相比较，还可以检验进行解析处理的各种假设及其近似程度。③网络计划技术。用网络图描述和规划空军军事活动，可直观地表示完成任务中各项活动及其相互之间的关联，所需时间和资源，还可以显示影响全局的关键性活动。对网络图中的活动实施连续性监控和调整,就可以实现对军事活动的统筹规划、合理组织和最优控制。④信息技术。综合运用计算机、数据通信、传感和显示等技术的空军指挥自动化系统，具有信息采集、传递、处理、显示功能，还能进行军事活动的辅助决策，空军指挥机关使用自动化(C^3I)系统，形成信息网络，使空军各个部门形成一个有机整体,对部队及其武器装备实施有效指挥控制。⑤现代作战模拟技术。以计算机为技术基础，通过建立军事对抗活动的数学模型,对空军作战过程进行仿真推演，用以检验兵力部署、组织指挥、武器效能，从而为验证作战方案的优劣,军事训练的成效及进行军事学术研究提供有效信息。

应用与发展 1942年3月，美国陆军航空队总部在管理控制处之下设立统计管理处,负责统计空军的飞机数目、部署位置、训练时间、人员配备及动员情况。陆军航空队总部利用这些统计数据，有效地了解海外战场对飞行员、领航员及弹药、油料的需求，节约了大量军需品采购经费。这是利用系统工程方法进行空军战备管理的初步实践。第二次世界大战后，系统工程方法在空军领域的使用迅速普及。美国国家航空航天局在执行阿波罗登月计划中把计划协调技术(PERT)发展成网络评审技术(GERT)，使这项庞大的工程取得完满成功。同时也使网络法成为系统工程的主要技术之一。为了能准确量化武器装备的效能，美国空军在1963年成立了工业界武器系统效能咨询委员会（WSFIAC)，该委员会组织数十名专家研究提出了ADC武器效能评估模型，用武器可用性（A)、可信性（D）和固有能力（C）的矩阵乘积来表达武器系统的效能(E)，为武器系统效能评估这一复杂命题的解决提供了数学描述途径。80年代，美空军开始研究使用计算机制订空军作战计划，并在海湾战争中使用“应急战区自动化计划系统”自动生成空中战役计划，以此对战斗过程实施连续性调控。这使得系统工程进入空军作战领域。

中国人民解放军空军系统工程的实践始于航空航天工程。20世纪60年代，钱学森倡导在武器装备发展中运用系统分析方法，并首先在中国导弹研究部门设立总体设计部。不但促进了中国火箭、核武器、导弹、卫星等事业的迅速发展，也为军事系统工程在空军武器装备方案论证、作战模拟及战略战术研究方面的应用提供了范例。在此基础上，空军成立了武器装备专门论证研究机构，并且已经在空军武器研制和管理上取得明显成效。空军院校研制的航空兵、地空导弹兵及高射炮兵作战模拟系统已在部队训练中被广泛采用。

空军系统工程将根据空军未来的军事需求，为建立更为完善有效的空军指挥自动化系统提供研究方法和技术；运用先进的分布式仿真和灵境（虚拟现实）等技术，创造人工合成的作战环境，进行空军作战模拟，有效地提高航空兵和地面防空兵的训练质量；在综合分析的基础上，用构造军事－政治对抗模拟的方法，为研究解决空军战略战术、部队编制、武器装备和军事训练的协调发展提供支持。 （梁志平 刘奇志）

kongjun zuozhan xitong gongcheng
空军作战系统工程 (systems engineering of air force warfare) 运用系统工程原理，研究和筹划空军作战的方法和技术。空军系统工程的组成部分。以空军战役学、空军战术学、空军指挥学等为理论依据，采用运筹学、现代数学等方法，运用计算机、信息技术等手段进行研究，力求以最短的时间、最低的消耗获得最佳作战效果。主要包括空军航空兵作战系统工程、空军地面防空兵作战系统工程。

主要研究内容有：

作战兵力结构和建设 目的是筹建一支规模适当、结构合理、体制完善、战斗力强，能有效实现空军作战目标的力量。分析研究的主要内容有：兵力规模、兵力组成及其内部比例关系，兵力编制以及形成战斗力的条件与措施等。兵力规模，指空军兵力的总数量。取决于作战指导思想、作战任务、保障能力、地理环境等，并受国家综合实力的制约。需要在综合运用仿真、模拟、解析等方法进行充分论证的基础上，慎重确定空军的兵力规模。兵力组成及其内部比例关系，取决于空军作战目标、作战对象、作战环境、作战样式和兵力运用。计算兵力类型及其数量时，首先分析空军作战对象、作战环境及由此产生的作战样式。不同的作战样式决定不同的兵力运用，根据兵力运用计算和分析不同的兵力组合。最后根据兵力组合中各类型兵力的战斗能力及空军作战目标的要求，计算所需各类型兵力的数量。

作战环境和战场准备 作战环境包括自然环境和人文环境。自然环境包括气象、地理、水文等因素。空军的实力、编制、动员、部署、装备发展、教育训练、作战指导思想等，以及周边国家的政治、经济、军事、社会情况属于人文环境。对这些情报信息进行分析判断是确定空军作战目标，对空军作战兵力结构和建设作出决策的重要前提，也是进行战场准备的重要依据。战场准备是对预定战场有计划的建设和管理。包括建立和完善情报预警系统、指挥控制系统、勤务保障系统、防护系统，进行物资储备、群众工作及预先配置必要的兵力待机迎敌等。

作战样式和兵力运用 作战样式根据空军编制体制，作战指导思想、任务、环境和能力而定。既受制于空军作战力量，又对空军作战力量的建设提出要求。依据空军的编制体制、作战指导、所担负的主要任务及作战环境，空军作战样式主要有*空中进攻作战、防空作战、空中封锁作战、空降作战*及支援陆海军作战。兵力运用取决于空军作战指导思想、空军作战兵力和作战样式，同时也对发展新的作战样式和空军作战兵力建设提出新的要求。空军作战的根本问题是空军作战力量对比和空军作战力量的运用。从全局出发，系统研究空军作战力量、战场、作战样式和兵力运用及其辩证关系，是空军作战系统工程研究的重点。

研究方法 对于宏观性质的问题，通常采用逻辑判断推理的定性方法，或采用统计分析、模拟仿真、规划运算等运筹分析方法；对于具体问题，由于假设前提和约束条件往往比较明确，多采用定量分析方法，求得较为精确的结果。有时，根据问题性质，对同一问题也可以采用不同研究方法，比较所得结果的差异性和一致性，发现假设前提和约束条件的异同，以便进一步对问题的假设前提和约束条件作出调整和修改。

研究程序 空军作战系统具有目标明确、组织严密的特点，通常采用由上而下，先总体后局部的研究程序。负责组织指挥实现空军作战目标的首长和领率机关，首先组织研究总体方案，以形成空军作战系统工程的基本框架，并对其进行论证。在确认基本框架方案具有较好的可行性、较高的有效性、较广的适应性和较小的风险度后，按基本框架的思路，将空军作战目标分解成为若干个相关的子目标和由此派生的子课题，指派负责实现子目标的有关下级首长和机关组织研究，形成相关的子方案。领率机关负责检查和协调下级机关提出的各个子方案。按此程序逐级分解、细化和落实。

（安　鹏）

hangkongbing zuozhan xitong gongcheng

航空兵作战系统工程 (systems engineering of aviation warfare) 运用系统工程原理，研究和筹划空军航空兵作战的方法和技术。*空军作战系统工程*的组成部分。

主要内容 航空兵作战系统工程主要包括：①航空兵兵力结构和建设。包括航空兵兵力规模、兵力组成，及其作战机种、保障机种之间的内部比例关系、编制体制，以及形成战斗力的条件和措施等。②作战环境和战场准备。作战环境包括地理、水文、气象等自然环境和政治、经济、社会等人文环境；战场准备包括建立和完善指挥体系、防护体系、维修体系、后勤供应体系等。③作战样式和兵力运用。包括可以和应该采取的航空兵空中作战样式；空中截击、突击、掩护和保障方法及其手段，以及相应的兵力使用数量、策略等。④航空兵作战指挥体系和方式。包括指挥机构的合理结构和人员编成；指挥信息流程及其实现方式；对已升空航空兵的引导、目标分配规则及其有效分配方法等。⑤技术保障和后勤保障。包括保证航空兵有效作战必须具有的维修、供应等保障体系的结构、功能、动作程序等。⑥航空兵与其他作战力量的配合方式、程序、时机和协同方式等。

研究方法 主要通过对航空兵作战系统结构和功能的模拟，来预测和展示系统的功能，并据此调整系统的结构，控制系统的活动，使航空兵作战系统有效运转并达到最优状态。其中，系统的模型化起着非常重要的作用，在真实系统建立之前，必须通过系统模型来求得系统的设计参数和确定有关条件。对系统模型的一般要求是：有足够的精确度，能确切反映航空兵作战系统的客观实际；在保证必要精确度的前提下，力求模型简单明了，便于建立和求解；当建立模型的具体条件变化时（如战略方针、作战任务、作战方向、建设资金等变化时），模型应具有一定的适应性。对于不同模型及其要求，可采用不同的方法进行最优化求解。通常有数学方法求解和模拟方法求解。数学方法求解时，常用的手段有线形规划、非线形规划、动态规划、对策论、排队论、图论等。模拟方法求解时，其模拟系统通常需要具有目标子系统、作战环境条件子系统、双方兵力兵器及当前态势子系统、双方作战行动及损耗计算子系统、胜负标准及评价子系统、双方战斗方案选择及数据资料子系统、作战结果及效率评定子系统、输出显示子系统、指挥员分析判断决策子系统。

（崔守隼）

kongjun dimian fangkongbing zuozhan xitong gongcheng

空军地面防空兵作战系统工程 (systems engineering of warfare of air force ground air defense forces) 运用系统工程原理，研究并筹划空军地面防空兵作战的方法和技术。*空军作战系统工程*的组成部分。研究内容及工作程序是：系统环境分析、系统目标分析、系统方案设计、决策和实施。

系统环境分析　搜集整理作战双方政治、军事、经济及社会等方面的情况，运用军事信息技术对防空区域的自然环境、电磁环境、交通状况、信息、指挥及保障网络等进行分析。寻求双方的有利和不利条件，为判定防空作战方案提供依据。

系统目标分析　包括空军地面防空兵作战总目标和具体目标的可行性和有效性分析。总目标是根据上级新赋予的作战任务和作战环境来确定。如与其他军兵种协同粉碎敌方的空中入侵企图，或拦阻并严重毁伤空中来袭兵器以确保要地的安全。总目标可依据时段或作战空域划分为具体目标，如毁伤进入火力区的空袭兵器的数量、保卫要地安全的程度等。为了有效衡量作战任务的完成程度，必须针对不同作战任务建立相应的效益指标，以便对所确定的作战目标的可行性和有效性进行分析。空军地面防空兵对空作战能够取得效果的最低限和可能部署防空兵力的最高限是衡量目标可行性的尺度，对空作战的效益指标是衡量目标有效性的尺度。

系统方案设计　在系统环境分析和目标分析的基础上，拟定能合理组织和使用空军地面防空兵力，并能获得最大防空效益的作战方案。包括兵力编组与部署，指挥机构和信息网络的建立，作战任务的区分及与其他兵种的协同，目标分配及火力运用等方案。在设计作战方案时，应遵循先整体后局部的系统性原则。例如，要从诸军种联合作战和空军合同作战的全局出发来考量高射炮兵和地空导弹兵的兵力运用、指挥和战法问题。为充分发挥空军地面防空兵的作用，指挥机关要集思广益，统筹规划，科学设计出多种备选方案，以供决策分析时比较。

决策与实施　决策与实施的过程也是备选方案分析评估和优化完善的过程。决策分析时依据地面防空兵对空作战效果的衡量指标，通过分析建立对空作战模型，利用模型进行技术对抗模拟推演，在推演中对所汇集的各方情报进行加工整理以形成命令指示。这些命令指示控制参战部队所属火力单元的射击活动，凭借单元的射击效果可以检验命令指示的有效性和准确性。这种动态检验过程有利于发现射击控制各环节上的问题、偶然因素对战斗效果的影响以及改进作战方案的途径。经过反复推演，确定最优方案，以便做出决策并付诸实施。在实施过程中，空军地面防空兵要不断熟悉作战环境和双方兵力态势，反复演练所选作战方案，经常参加军兵种的对空作战演习，通过演练和演习，进一步发现问题，不断修改完善方案，以便于实施追踪决策和重新决策。

随着信息、计算机和网络技术的发展，空军地面防空兵作战系统工程将运用交互仿真及虚拟现实等技术，创造人工合成作战环境，通过对抗模拟推演，研究兵力结构、编配组合、武器配备、战勤保障等，使各方面的战斗行动能协调发展，以提高地面防空兵的综合作战能力。

（梁志平　陈正平）

kongjun zhuangbei xitong gongcheng

空军装备系统工程　(air force materiel systems engineering)　运用系统工程原理，研究和筹划空军装备发展、保障和管理的方法和技术。空军系统工程的组成部分。目的是在兼顾系统目标和技术经济可行性的基础上，提高和改进空军装备系统的结构，并使各个子系统和保障条件集成为一个协调的整体，由一个统一的指挥控制网络协同工作，以优化空军装备工作的计划、指挥、协调、控制功能，从而提高空军装备体系的总体效能。

主要内容　空军装备系统工程的主要内容包括：①确定装备系统发展、使用、维修直至退役报废各个阶段的目标，根据目标制定战略方针和执行计划，优化执行方案和各项决策。②根据系统目标与方针，确定装备系统中各个子系统的管理内容，明确要解决的问题，如采取优化管理技术、充实管理手段和完善规章制度等方法，以协调管理系统的内外关系等。③规划信息流和装备器材流，优化空军装备体系中各类装备的品种、数量、更新期与保障资源的配置。④对重点新型装备研制设立型号管理机构和型号研制管理体系，应用系统工程方法实施研制管理，确保在最短时间内，以最合理的人力、物力、财力，最有效地利用最新科技成果，完成研制任务。⑤对装备订货和申请、换装和调整、维护和修理、退役和报废等进行优化调配，达到补充数量和退役报废数量均衡，使现有装备数量始终保持在编制规定的水平。⑥采用并行工程和综合保障工程，实施空军装备的全系统、全寿命管理和全面质量管理。⑦进行费用－效能分析，评价空军装备体系的总体作战效能，具体型号装备的作战效能和空军装备工作的管理水平。⑧对空军作战装备保障进行筹划、组织和控制。如保障力量的组织与部署，保障计划的拟制与优化。

主要步骤　运用系统工程开展工作是按明确问题、选择目标、形成方案、建立模型、优化方案、作出决策、付诸实施7个步骤进行。具体是：①通过调查研究空军装备系统的历史和现状，预测发展趋势，弄清问题的实质。②针对问题实质，具体设计评价系统，对可供选择的目标进行比较和评价。③按照问题的性质和目标(功能)要求，形成几个可供选择的系统方案。④建立将系统方案与系统的评价目标联系起来的模型。⑤在一定限制条件下，在几个可行方案中寻求最优方案，该步骤通常是个多次反复的过程。⑥由决策者选定方案。⑦根据最后选定的方案，具体实施系统计划。

（李振林　王立峰）

feiji xitong gongcheng

飞机系统工程　(aircraft systems engineering)　运用系统工程原理，研究和筹划空军飞机研制、使用、退役、报废全过程的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。

主要内容　①研制阶段。组建一体化项目小组，从飞机的论证、研制、生产到定型，根据飞机自身的战术、技术要求，论证技术经济可行性，探索各种备选方案，寻求最佳的飞机战术、技术指标、结构配置(包括飞机本身各系统、各种机载设备，以及各机种的比例及同步建设等问题)，保障研制生产的最短周期、最低费用和最好质量。②使用阶段。从编制、调配到维修，获得优化的编制体制、调配计划以及最佳的技术保障，保证飞机维修的时效性和可靠性，经常保持最佳的综合作战能力。③退役报废阶段。需要从整体出发，获得装备补充与退役、报废相对应的均衡，最大限度保持和提高现有装备实力。对已批准退役、报废的装备，也要选择多个处置方案，进行最优化处置。

主要方法　飞机系统工程以系统论为基础，综合运用控制论、信息论、运筹学等技术科学方法，结合军事科学和飞机工程技术，解决飞机技术性能最佳和飞机体系结构最优的问题。常用的方法和技术有全系统全寿命管理、技术经济、层次分析法、网络计划技术、最优化技术、预测技术、模拟仿真技术、可靠性工程、维修性工程、综合保障工程等。

（陈云翔　闫振远）

hankong danyao xitong gongcheng

航空弹药系统工程　(aerial ammunition systems engineering)　运用系统工程原理，研究和筹划空军航空弹药的规划、研制、生产、使用等环节的组织管理问题的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。

主要内容　航空弹药系统工程的主要内容包括：①航空弹药作战需求分析。根据空军作战任务的要求，提出航空弹药的需求，包括数量和种类的需求。②航空弹药作战效能评估。对空军各类航空弹药的作战能力进行分析，是空军航空弹药需求分析、规划论证的基础。③航空弹药研制系统工程。使空军航空弹药的研制在满足作战需求的基础上，更加高效、合理。④航空弹药使用管理系统工程。是空军航空弹药使用管理的科学方法和技术。

主要方法　①试验法。通过试验，观察和记录现象，探索现象发生的机理，寻找控制过程的主要参数，揭示内在规律；验证分析研究结果以及检测弹药的性能。试验法又分为全真试验与模型试验。②综合论证法。针对弹药的新品种、新类型研制，进行探索性研究论证。具体包括需求分析、作战效能分析、经费概算、寿命周期预测、可行性综合分析等。③计算机模拟法，运用计算机技术，对作战环境和过程进行仿真，开展对复杂或随机问题的研究。④最优化技术。运用运筹学理论，对弹药系统设计、航空弹药体系以及管理进行分析，构建合理系统结构。⑤综合集成法。航空弹药工程涉及规划、研制、生产、采购、管理等环节，是一个复杂巨系统。综合集成法的实质是把专家群体、统计数据和各种信息、计算机有机地结合起来，把各种理论知识与人的经验相结合，定性分析与定量研究相结合，局部描述与整体描述相结合，不确定性分析与确定性分析相结合，使整个系统形成一个有机的整体，充分发挥系统的整体优势和综合优势。

（张寒松）

kongjun dimian fangkong wuqi xitong gongcheng

空军地面防空武器系统工程　(systems engineering of air force ground air defense weapons)　运用系统工程原理，研究和筹划空军地面防空武器装备的研制、生产和使用管理的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。其任务是，通过对空军地面防空武器的发展论证、研制生产、作战使用、维修保障等过程进行规划、设计、组织、管理和控制，使空军各种地面防空武器的研制生产协调发展，实现武器系统功能和组织一体化，取得系统的最佳防空作战功效。

主要内容　空军地面防空武器系统工程包括工程技术与系统管理两方面内容。工程技术与系统管理是两个并行的过程。工程技术运用系统工程理论方法和兵器工程技术，通过指标确定、综合分析、设计实验及效果评价过程的反复迭代，将地面防空武器的作战要求转换成武器装备的性能参数、关系和行为。性能参数包括：技术参数与战术参数，如武器的射高、射速、精度与误差、毁伤概率、系统反应时间、可靠性、机动能力等。关系包括武器装备组成关系、数量匹配关系、控制关系等。行为包括武器系统的工作状态、操作运行模式、雷达情报信息处理方式及指挥控制机制等。通过转换，确保空军地面防空武器各子系统在功能上的兼容和性能上的匹配，达到人－机环境的协调，使整个地面防空武器系统的设计达到一体化。系统管理是对空军地面防空武器装备的开发论证、设计制造、生产检验、使用维修和退役处理全寿命周期进行科学管理，达到武器装备研制周期短、生产费用低、使用效率高的目的。例如，运用系统管理的科学方法处理地面防空武器研制中各部分指标的协调和统一，组织研制、生产、试验等部门的协同，统筹规划武器使用中通信及指挥网络的建立，情报信息综合处理等有关防空效果全局的体系性技术问题，以取得武器研制和使用的最佳效果。

基本原则　①总体原则。空军地面防空武器装备中的高射炮和地空导弹武器系统都是由情报与目标指示、火力、指挥控制和技术保证等子系统组成的一个整体，同时又是防空武器群体的组成元素，在武器系统的研制和使用过程中，武器系统工程必须从防空的总体效果出发，考虑各子系统及其相互协调问题，并追求武器系统的总体功能。②综合原则。高射炮和地空导弹武器系统都是一个技术综合体，在研制和使用过程中，需要综合运用各种科学技术和指挥控制手段，获取和发挥武器系统的效能。在评价武器系统时，还必须对各方面的质量指标进行综合权衡。③全过程原则。在武器系统的工程技术和系统管理研究中，武器系统工程都强调对武器装备全寿命周期整个过程进行规划、组织和控制，实行全面质量管理，以获得较高的研制、生产和使用整体效益。④优化原则。武器系统工程追求武器优化原则。武器系统工程追求武器装备的最优计划、设计、制造及最优控制、管理和使用。为了评价武器系统的优劣，要用多目标决策优化方法，对评价标准目标集进行综合权衡，以获得最佳的整体效果。

主要方法　空军地面防空武器系统工程以系统理论为基础，综合应用控制论、信息论、运筹学等技术科学方法，根据作战需求，运用军工技术，解决高射炮和地空导弹武器装备研制与使用中的组织管理问题。常用的技术方法有：费用－效果分析、预测定量分析、模型化、网络计划技术、最优化技术和计算机仿真技术等。例如，采用费效分析法解决高射炮与地空导弹武器系统的最佳配备问题；用网络计划技术描述并规划地面防空武器的对空射击过程；用计算机仿真技术进行空防对抗模拟推演，根据模拟结果评价防空作战方案或评价武器射击效能，都取得了明显的效果。

（梁志平　陈正平　高尚瑞）

kongjun zhihui zidonghua xitong gongcheng

空军指挥自动化系统工程　(systems engineering of air force command automation)　运用系统工程原理，研究和筹划空军指挥自动化系统的研制开发

和使用管理的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。

主要内容 包括系统规划、系统设计、系统实现、系统试用、考核验收、设计定型、使用管理等。

系统规划 根据空军装备发展战略和中、近期发展规划，进行指挥自动化系统的立项论证和综合论证。立项论证是从需要和可能出发，进行必要性和可行性论证。必要性论证，即对国内外同类系统现状、发展趋势、作战使用要求、军事效能等提出分析、预测意见；可行性论证，即对主要技术难点、建设周期、经费概算、使用部队编成，以及其他保障条件等进行分析，提出具体意见。立项报告批准后，进行以作战使用要求和主要战术技术指标为主要内容的综合论证。作战使用要求论证应以指挥体制、指挥关系、信息种类、信息流程、体系结构、战术功能、使用环境、系统使用方式等为重点。主要战术技术指标论证应以性能指标、可靠性、标准化、安全性以及系统联网等为重点。系统规划一般以军方主管部门为主，使用部队、军地有关研制单位共同完成。

系统设计 根据已批准的指挥自动化系统作战使用要求和主要战术技术指标进行系统设计。主要包括：确定设计思想、技术体系结构，对信息流程、设备研制和采购、系统集成、功能实现、工作方式、标准化、可靠性、安全性等进行初步设计，对任务分工、经费预算、土建工艺要求、建设计划安排以及其他保障条件进行分析，并提出具体意见和要求。为了获得最佳的系统性能，系统总体部门要与使用部门进行反复协商，也要与分系统和设备研制部门进行技术协调，对关键功能模块和可靠性等还要进行模拟仿真试验和定量计算。系统设计一般以国防工业部门组织有关研制单位为主完成，使用部门配合。系统总体单位的遴选，由国防工业部门根据任务分工向有关研制单位下达，或由使用部门采用招标方式确定。

系统实现 研制总体单位根据批准的《研制任务书》和研制合同组织系统研制。系统实现主要包括：拟制系统、分系统详细技术和实施方案以及战术应用软件开发方案，组织专用设备研制、生产，软件编程，采购配套的通用设备和系统软件，组织技术攻关，进行分系统、系统集成，场外联试试验，场外考核等。系统场外考核是系统研制单位自行组织的考核，使用部队参加考核过程，检查系统在场外环境下是否达到任务书的要求。系统现场联试、试验是将系统性能、指标调试到场外考核时已达到的水平，并试验其性能、指标在部队现场环境下是否满足任务书和合同规定的要求。为使系统更好地符合使用要求，人与系统交互界面更加友好，使用部队的有关技术、战勤骨干人员要参与研制工作的主要环节，研制单位在研制过程中要负责对使用部队战勤、技术维护人员进行技术培训。

系统试用 组织系统在实际使用环境下运行，一般不担负战备值班任务，与原系统并行工作。试用期间可结合日常战备任务，也可专门申请实兵飞行，实际检验系统的战术功能和技术指标，诸如：系统指挥引导己方飞机拦截目标机的成功概率、系统实时处理空中雷达情报的能力（容量、时延和错漏率）等。研制单位进一步培训、带教系统使用、管理人员，帮助使用部队建立必要的系统使用、管理制度。系统试用以使用部队为主，按试用大纲进行，研制单位配合。根据系统在试用中暴露的问题，研制单位进一步组织修改人机界面和作战软件。

考核验收 在系统试用的基础上，根据合同条款，组织考核验收。包括对系统进行战术功能和技术指标测试、可靠性考核、实兵飞行检验以及对系统技术资料进行审查等。考核验收工作由使用方上级主管部门组织，聘请有关专家和使用部队代表参加，组织专门技术小组对战术性能、战术技术指标、可靠性、设备的齐套性、技术资料等进行审查并作出结论意见。

设计定型 是国家对新的空军指挥自动化系统性能进行全面考核，以确认其达到《研制任务书》要求的最后环节。设计定型工作由航空定型委员会办公室组织，根据军工产品设计定型条例和有关规定，按照制定设计定型试验大纲、组织设计定型试验、申请设计定型、组织设计定型审查、审批设计定型报告等工作程序进行。设计定型批准后就可列入部队装备系列。

使用管理 主要包括技术管理、通信管理、软件管理、安全管理等。技术管理包括确定维护职责、维修策略，进行人员培训，建立管理制度，组织技术维护和革新，以及对系统报废、换装等提出意见；通信管理包括频率分配、电磁兼容、通信系统与网络管理；软件管理包括系统软件和应用软件注册登记，制定使用范围、权限，以及维护保障等；安全管理包括设备安全、数据安全以及通信保密、网络安全管理等。

研究方法 空军指挥自动化系统工程通常采用渐进获取法和非研制物方法。渐进获取法也叫快速原型法，要求使用部门参与研制建设全过程，不断修改完善，逐渐逼近设计目标；非研制物方法利用市场上现有的设备加以改进集成，不专门组织单项设备的研制开发。空军指挥自动化系统工程广泛采用系统仿真技术，利用物理、数学模型，编制计算机仿真软件进行系统规划、系统设计、系统试验和效能评估等各个环节的分析、计算和评测。在系统研制的主要阶段，组织专家对系统设计、战术应用软件进行方案评审，对系统战术功能和战术技术指标组织第三方评测等亦是降低系统风险、提高系统质量常用的方法。

发展趋势 随着计算机技术、信息技术和控制理论的发展，空军指挥自动化系统工程理论、方法和手段将不断丰富和完善。广泛运用计算机模拟仿真、虚拟现实等技术来解决空军指挥自动化系统工程中规划、设计、实现和管理等方面的问题，将成为空军指挥自动化系统工程中重要的技术手段。 （顾经瑛）

kongjun dianzi duikang xitong gongcheng

空军电子对抗系统工程 (systems engineering of air force electronic warfare)

运用系统工程原理，研究和筹划空军电子对抗系统的研制开发和使用管理的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。主要目标是优化空军电子对抗建设，配套发展电子对抗装备，建立协同的电子对抗作战保障体系，从总体上运筹战场电磁兼容性等，提高空军电子对抗系统的整体作战效能。

主要内容 ①根据国情、军情和作战对象，以提高空军诸兵种电子对抗作战能力为主要目标，规划空军电子对抗力量建设，建立相应的电子对抗作战模

型和试验设施，评估电子对抗整体或局部效能，制定电子对抗总体规则。②建立电子对抗情报体系和电子对抗数据库，形成最有效的电子对抗信息系统。③制定电子对抗条令、条例、训练大纲和作战预案，规范协同作战程序，提高电子对抗条件下空军的整体作战能力。④根据空军作战需求，以全寿命费效比为评估基础，协调各系统之间的相互关系，加强电子对抗配套建设。⑤进行电子对抗作战、训练、装备和人才的统筹管理等。

研究方法 制定空军电子对抗系统工程的综合实施方案，不仅涉及组成子系统部分的特性问题，也涉及全系统的运转规律问题。解决这些问题时广泛采用系统分析、数学模拟、运筹学以及研究复杂系统的其他方法。电子对抗系统工程根据空军作战，特别是航空兵作战面临武器系统的多样性、战场电磁威胁的复杂性、态势演变的快速性，应着眼于多因素、多层次和多变量构成的作战对象整体，在实施过程中，进行协调和控制。巧妙利用要素之间以及要素与系统之间的联系，综合运用多种学科的理论和方法，以计算机技术和仿真模拟技术为主要工具，通过运筹、管理、先期系统演示和实兵演练等途径实现预期目标，用于提高战时空军电子对抗系统的整体作战效能。

形成发展 20世纪60年代以前，空军电子对抗通常以单一装备在特定条件下发挥作用，尚未形成系统工程模式。随着指挥自动化系统、防空预警系统和高效防空武器系统等作战系统的投人使用和更新，战场上空军电子对抗使用单一的作战方式和独立的电子对抗装备（设备）已很难奏效。在系统对系统的军事斗争中，空军电子对抗系统工程得到广泛应用与发展。美国还根据近年局部战争的经验，在国会成立电子战工作小组，从顶层策划电子战系统工程，使之更有效地在21世纪战场上发挥作用。随着科学技术的进步，武器系统的更新，信息作战手段的应用，以及作战模式的不断变化，空军电子对抗系统工程将随之扩展其内涵。 （金兆恂）

kongjun leida xitong gongcheng

空军雷达系统工程 (air force radar systems engineering) 运用系统工程原理，研究和筹划空军雷达系统的规划论证、研制生产、使用管理和维修保障的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。主要目标是提高空军雷达武器装备的效能，降低费用，提高空军使用雷达的技术和战术，优化空军雷达武器装备维修保障体制，寻求空军雷达系统的最佳整体效益。

主要内容 空军雷达系统工程的主要内容是：

雷达武器装备论证和研制系统工程 按工作先后顺序包括：①雷达武器装备发展规划研究与新型雷达的系统概念研究。即在空军总的武器装备发展规划指导下，研究制订雷达武器装备的近期和中长期发展规划。对规划中的每一个雷达新型号进一步阐明其在空军作战中的任务与基本作战性能。②新型雷达关键技术的可行性分析与雷达系统综合效能分析。对准备提交国家工业系统研制的雷达新型号要研究技术上实现的可能性，分析该型号未来可能达到的效能与全寿命费用，评价效能费用比的合理性。③论证提交研制的新型号雷达的战术技术指标，评审研制方提出的雷达总体方案，检查是否符合战术技术指标要求及经费限额与完成期限要求。④监督新型号雷达研制过程。鉴定并在部队试用新型号样机。对鉴定和试用合格的型号组织定型工作。⑤对定型雷达批量生产实施监造。⑥对新型号雷达在部队实战效能进行评估，将评估信息反馈到领导机关和研制生产部门。在这一系统工程中要强调树立武器系统的总体观点、全寿命观点与系统优化观点。

雷达武器装备使用管理系统工程 主要内容是：①研究制定和完善各种雷达使用规则、操作规程和使用训练方法，培训雷达使用人员熟练掌握雷达的原理、构造、性能、操作技术、维护保养与排除故障方法，提高指挥员对雷达运用的战术水平，特别是对雷达自动化情报系统的指挥，和在复杂战场环境与激烈电子对抗条件下的运用能力。确保新型雷达武器装备在交付部队后能得到正确使用和维护，充分发挥雷达战术技术性能和综合武器系统的作战效能。②对雷达武器装备实施科学的综合性管理。研究提出装备的序列与采购计划，建立雷达武器装备的管理制度，提出装备调配、保养、修理、退役的计划。

雷达武器装备维修保障系统工程 包括研究雷达维修保障理论，建立雷达维修体制，建设雷达维修设施，提高雷达维修技术，以及研究制定和实施雷达武器装备运输、储存、报废处理计划，研究制定和实施雷达武器装备备件的采购计划、管理制度及备件储存与分配体系。随着雷达维修理论与维修技术的发展，雷达武器装备的维修逐步从单纯的定期预防性维修改进为视情维修，以达到最佳维修效费比。雷达武器装备的备件保障亦从简单的按比例储存与逐级分配体制，向应用计算机辅助管理系统，加强计划调控，革新储送设备，实现器材管理和供应的及时性与合理性，并采用机械化与自动化手段相结合的方向发展。

主要方法 雷达系统工程综合运用多种学科知识和技术，有效地实现预定的系统优化目标。主要理论包括系统论、运筹学、信息论、控制论等。主要技术有预测技术、建模技术、优化技术、计算机仿真技术等，常用方法有系统分析、数理统计、专家调查（德尔斐法）、网络计划管理、对抗模拟等。在雷达武器装备论证和研制系统工程中广泛采用建模与仿真方法。通过建模和仿真，可以对雷达系统论证和研制各个阶段结果进行优劣评价，比较出最优方案。通常由于雷达系统问题的复杂性，需运用多目标决策优化方法，通过在相互矛盾的评价目标因素间进行权衡、折中，求得基本因素的优化平衡，才能达到全系统的最优化。在雷达武器装备使用管理系统工程和维修保障系统工程中，也采用建模和计算机仿真等技术。但这些工程中有一些机理不够清晰，人为因素影响较大，难以用数学模型描述的问题，宜采用“软系统工程方法论”，即通过调查研究，听取各方面意见，反复比较，得出改善现状的可行途径与实施方案。

形成发展 空军雷达系统工程是随着空军使用雷达日益广泛而发展起来。英国皇家空军在第二次世界大战前夕装备对空情报雷达后，通过建立雷达预警网和建设在空军指挥中心的雷达情报控制中心，有效地运用雷达信息实施空袭警报发布，引导飞机拦截敌机，评估空战结果，对在不列颠之战中战胜德国空军起到重大作用。这是早期雷达系统工程运用的成功范例。二战后期，雷达系统工程在雷达研

制、生产、使用、管理与维修保障等各方面得到了广泛应用。二战后，系统工程的理论、技术和方法发展迅速，在空军雷达的应用亦更广泛。中国人民解放军空军从1950年开始装备和使用雷达装备，并迅速发展，空军雷达系统工程亦相应发展，雷达武器装备研制论证、雷达使用水平、雷达装备管理与维修保障体制改革都取得显著进步。随着现代科学技术的进一步发展，以及现代战争中信息需求量的增大，空军雷达系统工程研究将更加广泛和深入。 （郦能敬）

kongjun zhuangbei yanzhi xitong gongcheng

空军装备研制系统工程 (systems engineering of air force materiel development) 运用系统工程原理，研究和筹划空军装备研制的方法和技术。空军装备系统工程的组成部分。内容涵盖空军对一项新型装备研制从立项论证到鉴定定型全过程的全部管理和技术工作。目的是从期望获得的新型空军装备系统的整体出发，通过最合理、最经济、最有效的管理方法和技术手段，最优地完成研制任务。

基本任务 空军装备研制系统工程的基本任务可以概括为：①通过反复研究分析，逐步细化设计，将期望的系统使用要求转化为具体描述系统技术状态的型号规范。②综合各种相关的技术参数，使系统的设计方案最优化。③综合可靠性、维修性、安全性、生存性、人素工程等各种相关工程因素，以全面满足研制质量、进度和费用的目标要求。

实施步骤 空军装备研制系统工程，既是一个科学的管理过程，又是一个科学的技术过程。主要步骤是：

建立矩阵管理体系，实行集中统一领导 凡是重大项目，都在现行的领导管理体制基础上，成立型号管理机构，具体负责协同承研单位有关组织指挥和设计施工部门管理研制工作。根据系统工程的整体、综合和全过程管理原则，型号管理机构通常由空军领导机关负责，装备研制、订货、使用和保障的各个业务部门分别派人组成。

制定研制程序、计划，实施全系统全过程工程管理 ①按照国家和军队的有关统一规定，结合空军装备研制工作实际，具体划分研制阶段，明确空军决策控制点，编定研制程序。②承担研制任务的单位要制定详细研制计划，全面安排好各个研制阶段的工作内容、要求，并认真遵循计划，依据研制合同的规定和军方主持论证确定的总体方案，通过确立系统，组织实施技术状态管理、技术评审、综合保障工程等技术过程，科学有序地展开设计、研制、试验和评审等工作。

建立科学的研制管理资料体系，实行研制工作的规范化管理 根据任务需要，空军装备研制资料体系通常由国防部和空军有关指令、军用标准和资料项目说明等3大部类资料组成。其中资料项目说明是一种由研制合同明确规范的表格式文件，通常分为技术、财务、管理和行政4类，由承研单位在研制程序约定的各个工作节点向空军填报，供空军了解掌握研制过程的各方面情况。

确立系统 任何大型空军装备系统，都是一个复杂的并列和层次结构。每项新型空军装备研制前期（具体指立项论证阶段和方案论证阶段）的工作重点，是通过深入分析、研究和论证，具体明确系统的范围和层次关系，制订相应规范。通常采用的方法有工作分解结构和规范树。工作分解结构是通过对系统的逐级分解，把系统分解成各个工作分解结构单元，为整个研制工作提供协调的直观的构架。工作分解结构随着研制工作的进展逐步展开和细化，先由军方分解制订上层的几级，再由承研单位进一步分解制订下层几级。规范树是明确各个主要研制项目（硬件或软件）规范之间相互关系等的一种图像，主要用于导引和控制各个层次的各类规范的制定工作。规范树也是随着研制工作的进展而逐步细化，先由军方主持制订一定层次，再由承研单位扩充完成。

监控工程技术过程 新型空军装备研制是一个论证、设计、试制、试验、评价的技术过程。为了获取最佳效果，在整个过程的每个阶段都要按照系统工程3维（时间维、逻辑维和知识维）结构的理论和方法实施。在时间上，严格遵循规定的研制程序。在每个阶段乃至每个阶段的每个具体环节里，坚持按照合乎逻辑的科学思维方法安排活动，坚持各种相关工程专业的综合、协调。通过在逻辑思维和知识应用两个方面活动的有序展开和反复迭代，最终实现最优化目标。

组织实施技术状态管理 指围绕技术状态进行的一系列技术和管理活动。包括技术状态标识、控制、纪实和审核4个环节。在研制前期，承研单位根据军方需求编制的系统规范、研制规范，属于技术状态标识文件范畴。经军方批准后，分别成为需要军工双方共同控制的功能基线、分配基线，是后续研制阶段工作的依据和进行工程更改的依据。承研单位在工程研制阶段，通过进一步研究、设计，编制提出的产品规范，连同全套图样、技术条件一起，经军方批准后，形成产品基线。产品基线的建立，标志着空军装备研制过程的结束。经过技术状态审核的、合格的新型装备已经研制出来，用于规范成批生产的全套技术文件已经准备齐全，就可以转向成批生产过程。

组织实施技术评审 技术评审指根据研制程序和研制计划安排，在整个研制过程的各个不同阶段，由军方和承研单位共同主持进行的正式技术审查活动。评审通常包括系统要求、系统设计、初步设计、详细设计、生产准备等专项评审，以及整个工程研制阶段结束前为批准产品规范、确立产品基线所进行的技术状态审核。技术评审的一个重要概念是里程碑管理。里程碑对承研单位来说，就是技术评审点；对空军来说，既是技术评审点，又是决策控制点。只有经过军方审查、批准通过评审，方能转入后续研制工作。

推行综合保障工程 综合保障工程是应用系统工程的理论和方法综合研究、分析、权衡、设计，确保通过研制，同时获得新型空军装备与所需保障资源的技术过程。目的是提高装备战备完好和保障能力，避免投入使用后不能迅速形成战斗力，而且还要耗用更多经费，补充保障资源，以满足使用要求。通常在新型空军装备研制中要考虑的保障资源包括人力资源、维修保障、供应保障、训练保障、计算机资源保障、保障设备、保障设施和相关技术资料等。具体工程过程和要求是：在组织系统研究、分析、论证时，进行综合保障分析、论证；在协商、签订各个阶段的研制合同时，对综合保障提出详细要求；在编制提出研制规范时，根据综合保障分析结果编入相应技术规定；在技术评审时，把综合保障当作一项重要评审内容；在工程研制阶段，同步研制保障设

备，并进行人员培训、技术资料编制、供应准备等。（贺家源）

kongjun rencai xitong gongcheng

空军人才系统工程 (air force manpower systems engineering) 运用系统工程原理，研究和筹划空军人才的开发、使用和管理的方法和技术。空军系统工程的组成部分。目的是建立与空军的使命、任务相适应的人才队伍，形成合理的人才结构，完善的人才管理机制，充分发挥空军各类人才的作用，取得最佳的空军人才整体优势，促进空军建设的发展。内容主要包括空军人才开发、人才使用和人才管理。

空军人才开发 分析空军人才拥有状况，预测未来对人才的需求，从整体上规划空军各级各类人才的教育培养，以开发出满足空军发展建设需求的各级各类人才。①空军人才拥有量分析。通过调查研究现有空军各类人才的实际拥有量，分析现有各种在职人员的流动过程和转移规律，在有关政策（如退休、退役、调离、补充、晋升等）的基础上预测未来空军各类人才的拥有量。②空军人才需求预测。根据空军建设发展的需要，应用系统工程相关预测技术，预测未来空军各专业人才门类和各学历层次的专门人才的需求量，为制定人才规划提供科学的依据。③空军人才规划。根据空军人才拥有量分析和需求预测，制定空军人才规划，保证空军各种专业人才在数量和质量上能与空军的发展相适应。制定规划，要根据不同的发展阶段，制定相应的人才工程近期、中期和远期发展规划目标，要与国情和军情相适应，并充分考虑有关方针政策的变化，资金和其他资源的制约，以及由于科学技术的发展而出现的新的需要，以便于空军人才教育培养。④空军人才教育培养。根据空军人才规划，对空军各级各类军官和专业技术人员教育培养的数量、层次、规格作出科学的安排，为空军各级各类院校教育和在职人员培训提供依据。特别是对于空军飞行人员的培养，要在继续招收应届高中毕业生的同时，加大从普通高校中挑选高素质毕业生的比例，开创依托国民教育培养军事人才的新路。

空军人才使用 空军各类人才开发、培养出来后，为了充分发挥其应有的潜质，制定相关的人才使用政策，确保人才得到合理使用。①空军人事行政决策。在对空军已有的人才政策的制定过程、实施情况和利弊得失进行调研、评价以及对不同地区、不同国家和军队的人才政策及其执行效果进行比较研究的基础上，制定出空军人才开发、选拔、调配、使用、交流、组织管理等相关政策。同时对准备实施的人才政策的性质、作用、可能的后果进行论证分析，提出必要的调整方案。对已提出的空军人才政策各种备选方案进行比较、权衡，为决策者选择合理的方案提供依据。②空军人才使用的激励机制。空军各级组织通过设置理想目标和运用有效手段，激发人才的动机和行为，充分发挥其潜能和创造精神，提高其工作积极性和工作效能。主要通过环境激励、政策激励、分配激励、精神激励4个方面来实现。具体内容包括：制定和完善适应空军发展要求的人才激励政策法规，营造良好的引才、聚才、用才的大环境；加强人才激励工作的管理，促进人才激励工作健康有序推进；建立多元化的分配机制，加大分配激励力度；充分发挥精神激励的导向和鼓舞作用等。

空军人才管理 空军人才系统工程，需要应用管理信息系统对大量的信息进行采集、存储和加工。管理信息系统是根据空军各级人才管理的任务和特点建立的具有大容量数据库的计算机应用系统。为了充分了解和掌握各方面的人才相关政策、举措和动态，实现人才资源信息的共享，空军人才管理信息系统应包括空军人才信息库、军内人才信息库、国内人才信息库等部分。加强网络建设，实现全空军内联网，尽早并入全军人才信息资源网。实行网络化管理，随时在网上向军内外公布空军人才需求信息，以及空军关于人才任用、引进等有关政策、举措信息。同时与空军办公自动化系统和决策支持系统互相协调配合，形成人才管理领域内的计算机辅助协同工作的局面。

（张自维）

空军军事环境

kongjun junshi huanjing

空军军事环境 (air force military environment) 空军建设和运用等军事活动赖以存在的外部客观环境的总称。从属于军事环境。

范围和内容 空军军事环境研究的范围，主要涉及地球大气圈内的自然地理环境和人文地理环境两个方面。随着空军军事活动领域由大气层空间向外层空间的扩展，空军军事环境研究的范围也逐步扩大；由于战争向信息化方向发展，信息要素在空军军事活动中的作用不断增强，信息环境也将成为空军军事环境研究的重要组成部分。空军军事环境的构成有着不同的划分方法。按构成要素，分为空军地理环境、空军地质环境、空军气象环境、空军水文环境、空军人文环境、空军海洋环境、空军社会环境、空军空间环境等；按活动范围，分为空军战场环境、空军地区环境和空军国家环境等。以不同的空军军事活动环境为研究对象，从不同侧面探讨环境影响空军军事活动的规律，形成了空军军事环境研究的学科体系。

由于各国所处地理位置以及空军编成和作战任务不同，使得空军军事环境研究的内容也不尽相同。作为《中国空军百科全书》中的一个知识门类，空军军事环境分为空军地理、空军要地、空军测绘和空军气象4个学科单元。

空军地理 是空军建设和运用等军事活动赖以存在的并能对其产生影响的自然地理环境和人文地理环境的统称。从属于军事地理，是空军地理学的研究对象。人们对地理环境与飞行关系的研究，是随着飞机的出现开始的。空军地理学是随着飞机在军事上的运用和人们对地理环境与空军军事活动关系研究的不断深入而逐步形成的。因此，空军地理学是研究地理环境影响空军建设和运用等军事活动的规律以及实施地理环境保障的理论和方法的学科。是军事地理学的下位学科。其研究任务是：揭示地理环境对空军建设和运用等军事活动的影响和空军在以航空兵为主体的空中斗争、空对地斗争和地对空斗争中认识、利用地理环境的规律，为规划空军建设，制定空军作战计划，准备与实施空军作战行动和进行空军地理保障等提供科学的理论和方法。

空军要地 是与空军活动相关，具有重要战略或战役价值的城市或基地。空军军事环境的重要组成部分。空军要地往往又是国家的政治、经济和军事的战略要地。空军要地的主要存在形式是以航空兵为主的空军基地，也有的是以发射航天器为主的基地，还有的是战略导弹发射基地。由于大都处于重要的地理位置，且与重要城市相邻，因此很多空军要地是以城市名称而命名。研究方式主要围绕中国与世界主要空军要地，对其分布状况、地理位置、战略价值、历史上发生的空中战争及其经验教训等进行评述；根据资料分析重点机场跑道数据、可容机种及已有机种和飞机数量、油料储备和军事防护设施、驻防军事机构及兵力配置；概述其地形、气候、水文特点和公路、铁路及民航交通状况。

空军测绘 是为空军建设和运用等军事活动需要而获取和提供地理、地形等资料和信息的专业勤务活动。从属于军事测绘，是空军测绘学的研究对象。空军作战指挥保障重要内容之一。主要包括：通过航空摄影获取地面的图像信息，绘制空军各兵种作战所需地图、航图及数字化地图；保障空军各兵种指挥员了解战区的地理形势，掌握战场地形情况；保障航空兵飞行用航图及对地面目标攻击的目标图；保障空军各兵种作战用图和各种技术兵器的准确部署定位。空军测绘学，是研究空军建设和运用等军事活动中实施测绘保障的特点和规律以及指导理论和方法的学科。其主要任务是为空军测绘保障活动提供科学的理论指导。

空军气象 是影响空军建设和运用等军事活动的大气状态和现象以及为空军需要而获取和提供气象信息的专业勤务活动的统称。从属于军事气象，是空军气象学的研究对象。自飞机用于军事目的之后，为确保其完成任务，保证飞行安全，人们就开始了对影响飞行的大气状态和现象的研究，并随之开展了航空气象观测、航空天气预报和飞行气象保障等专业勤务活动，逐步形成了空军气象学。空军气象学是研究大气环境对空军建设和运用等军事活动影响的规律，以及实施气象保障的理论和方法的学科。是军事气象学的下位学科。主要任务是：在揭示大气运动、天气和气候变化规律的基础上，运用大气科学理论，综合研究大气环境对空军建设和运用等军事活动、武器装备影响的规律，研究如何组织实施气象观探测和天气预报、气候预测，为空军建设和运用等军事活动实施气象保障提供科学的理论和方法。

简史 对空军军事环境的研究，是随着航空兵器的发展和空中战争的实践需要而逐渐开展起来的。在气象方面，从1909年起，美国、德国、俄国、法国、意大利、英国等开始建立保障军用飞机飞行的气象台站。随后一些国家除加强机场气象台站网建设外，开始建立军事气象研究的领导机构和天气预报中心。第一次世界大战期间，随着飞机被广泛应用于战争和航空兵逐步发展成为独立兵种进而出现独立的空军，更使空军气象研究得到较快的发展。1915年，俄国建立了军事气象总局，负责组织军事航空气象保障；1918年8月，驻法美军在法国建立了天气预报中心，制作战区天气预报，为航空兵作战提供气象保障。在空军地理和测绘技术方面也得到迅速发展，1909年，德国即生产了第一张航图；第一次世界大战中，一些国家开始利用飞机进行空中摄影侦察，随后产生了航空摄影测量绘制地形图的新方法。第一次世界大战后，各国进一步认识到地理、气象、测绘保障工作的重要性，在不断加强相关组织、技术、人员、仪器装备等方面建设的同时，加大了空军军事环境理论方面的研究力度。1921年，意大利空军理论家G.杜黑发表了《制空权》一书，是世界上最早涉及空军地理的著作，所提出的“制空权”理论，就是在分析了意大利独特的地理环境和当时飞机的作战能力基础上提出来的。1925年，美国军事航空领域的先驱者W.米切尔在《空中国防论》一书中对航空兵行动与地理要素的相互关系进行了较为具体的研究，第一次提出了“三维空间”的地理概念；对地形、地物、气象、空中气流等环境条件对飞行和作战的影响进行了系统分析，认为飞机的出现消除了由于海洋而造成

的国家间的地理障碍，打破了海岸线和国界的观念，缩短了国家间的距离，“使世界变小”。《空中国防论》是第一本较早和较全面阐述空军军事环境的理论专著。由于米切尔有着在航空兵部队长期服役和指挥大规模空中作战的经验，使得他的理论更切合战争实际。英国皇家空军创始人H.M.特伦查德主张建立独立的空军，大力发展轰炸航空兵，强调积极进攻，以战略轰炸破坏敌人的战争潜力的观点，也是根据第一次世界大战的经验和英伦三岛的地理特点提出来的。

第二次世界大战中，空军作战行动急剧增加，战争的实践，深化了人们对空军军事环境与空军作战胜负之间关系的认识。美国、苏联、英国、德国、日本等组建了专门的空军地理研究机构，建立健全了气象机构。空军气象保障中开始利用雷达探测天气，使气象保障的手段有了新的突破。中长期航空天气预报技术的发展，在战争中发挥了重要作用，取得明显的军事效益。如德军进攻波兰时，利用长期天气预报成功地保障了轰炸机的作战行动。二战后期，担任战略轰炸任务的美国第8航空队利用长期天气预报，使轰炸机每月的出动效率提高了一倍。由于空中作战的迫切需要，空军测绘技术也有了新的提高，许多国家都先后开始了航空图的研究、编制和出版工作。美国航空图的范围已扩展到全球范围，改名为世界航空图(WAC)，航空图由此形成独立的图种。战争的需要使空军要地的重要作用与价值显现出来，战争中建立的一些空军基地至今仍然发挥着重要作用。战后，由于各国空军的普遍建立和飞机性能的提高，使空军的战略地位显著提高。为了使空军武器装备发展及其作战运用与环境更加适应，一些国家已将空军地理、空军要地、空军测绘、空军气象等作为独立的学科进行研究。空军地理学研究方面有了新的进展，在美国等国家出版的一些书中，明确提出了“空军地理”和“空战地理”的概念，并围绕学科的主要研究对象和内容，阐明了各自的观点。这种地理的内涵事实上包括了气象、测绘等方面的内容，是一个具有综合性的学科概念。截止20世纪末，中国及外国出版的一些军事地理学论著中，已确定了空军地理学、空军气象学的学科地位，并阐明了学科的主要研究对象和内容。1978年出版的《南斯拉夫军事百科全书》的《军事地理学》条目中辟有“空军军事地理学”的内容，对空军军事地理学的研究对象及主要研究内容做了明确的阐释，指出“空军军事地理学研究陆地和海洋上空的大气，特别是研究那些与准备及实施空中战役有关的气象条件和陆地与海洋的特性”。在空军气象研究方面，由于空军气象的运用更为直接和广泛，使得空军气象学的发展加快。各国根据不同情况，除进一步完善空军气象保障机构外，还大力加强空军气象业务现代化建设。尤其是气象雷达的迅速发展和气象卫星投入使用，提高了短时天气预报的水平和飞行危险天气的监测能力。计算机技术的开发应用，使航空天气预报初步实现客观化和定量化，促进了气象装备的更新换代和气象业务自动化，提高了空军气象保障对战争的适应能力、快速反应能力和保障效益。

20世纪70年代后，随着高新技术的发展，计算机的广泛应用和先进作战飞机的问世，各主要国家空军普遍使用先进的手段加大空军军事环境研究的深度和广度，促使空军军事环境的研究不断有新的发展。80年代初，美国提出了“高边疆”战略，将空军军事环境的研究领域扩展到外层空间。1993年美国出版的《国际军事与防务百科全书》，分析了空军军事行动与地理的关系，强调了空军研究地理的重要性。90年代后，美军主导的几场高技术局部战争进一步表明，军事地理保障在信息化战争中所具有的重要地位，精确的测绘信息和及时有效的气象保障为美军夺取战争的胜利奠定了基础。

中国人民解放军空军建立以来，十分重视空军军事环境的研究。50年代初期，中国人民解放军军事学院空军系专门开设了以研究地理和气象对空军军事行动影响为主要内容的空军军事环境课程。在抗美援朝、解放东南沿海岛屿及1958年夺取东南沿海制空权的作战中，空军加大了对空军军事环境的研究力度，对保证空中作战的胜利发挥了作用。随着空军建设与作战的需要，在空军作战、训练、气象、领航、通信等各部门的活动中，在各兵种、部队遂行各项任务的过程中，以及在基地部署、军事工程、武器装备发展、航空航天医学研究、后勤保障等各个方面，都对大气及不同地域和各种地理条件的影响与制约作用做了大量研究，积累了丰富的资料，并在此基础上，开展了空军地理学、空军测绘学与空军气象学的研究。①空军地理学研究方面。1988年出版的《军事地理学》，在“军事地理学的研究范围和内容”一节列有“空军军事地理学”的内容。1997年出版的《中国军事百科全书》专设“空军地理学”条目。1998年出版的《现代军事地理学科概论》专设一章论述“空军地理学”。②空军测绘学研究方面。中华人民共和国建立前，中国空军飞行用的多为单色1：100万舆图。1954年中国人民解放军空军航空测量队成立，1970年扩编为“空军司令部航图大队”，当年全部完成含中南半岛在内的第一代1：100万航空图的编绘和印刷出版，填补了中国航空图的历史空白。80年代初，编制、出版了各种比例尺的普通航空图、空军基地图、无线电领航图、空中情况图、穿云图以及机关工作用图等数十种，其中包括1：50万三军协同用图和1：200万航空图。到20世纪末，已逐步采用计算机制图技术生产数字航空图。③空军气象学研究方面。1996年出版的《空军大辞典》和1997年出版的《中国军事百科全书》中均设《军事航空气象学》、《空军气象保障》条目。空军先后组织研究、编写和出版了《气象学教程》、《航空气象学》、《空军气象保障学》、《空军气象史》、《航空气候志》等一系列理论专著，对空军气象学有关理论问题进行了论述。

研究方法 空军军事环境研究除遵循一般的科学研究方法以外，还有其自身的研究方法。

注重定量分析的研究方法 空军军事环境，在注重定性分析与定量分析相结合进行研究的同时，尤为注重运用定量分析的研究方法。现代条件下，空军地理研究成果的表述形式，除了文字、图形和图像外，又增加了数学方法和计算机技术，广泛运用概率分布、统计分析、趋势面分析、主坐标分析、因子分析、网络分析、聚类分析等数学方法，建立使用了线性规划、整数规划、混合规划、非线性规划、马尔可夫链、系统动力学等数学模型，进一步发展了定量描述。空军测绘、气象研究进入定量和试验研究阶段，采用定量监测、统计分析、数值试验等研究

方法，提高了内容表述的精确和丰富程度。空军要地所反映的地理要素、机场跑道数据、可容机种及已有机种和飞机数量、油料储备和军事防护设施、驻防军事机构及兵力配置等也常用数据的形式来描述。空军地理学、空军测绘学、空军气象学运用定量分析方法所得出的很多概念要以客观描述的方式反映对象的外部状况，所形成的规律性认识及理论和方法，为空军地理研究和空军测绘保障、空军气象保障的实施及成果的实现提供了科学的理论指导。

与空军军事活动相结合的研究方法 在空军军事科学领域，空军军事环境门类各学科从空军军事活动的需要研究环境的同时，也从环境的角度去研究空军军事活动，构建与空军军事活动相匹配的学科体系，以便对空军军事活动实践更具适用性。空军军事环境门类各学科与空军军事思想、空军军事学术、中国人民解放军空军政治工作、空军后勤、空军装备工作、空军技术、空军历史等门类的各学科，存在着多方面的相互影响、交叉和渗透。空军军事环境门类各学科的任务之一就是解决与其他门类学科相对应的各种环境问题。如：对环境与战争观、军事问题的认识论和方法论的联系；与空军战略的联系；与空军战役、战术和空军作战指挥等的联系；与空军武器装备的发展和军事技术理论的联系；与空军军事历史人物、事件的联系等都要有科学的解释和回答，提出在这些领域运用空军军事环境门类有关学科理论的原则和方法。空军军事环境门类各学科不是被动地接受其他门类各学科的理论指导和被动地等待空军军事活动的需求，而是通过各种手段，主动跟踪和了解其他门类各学科的研究成果，借鉴和汲取其他门类各学科的理论原则，研究和预测其他门类各学科对空军军事环境各学科理论的需求和空军军事活动对环境的需求。做到既研究环境对空军军事活动影响的一般规律，也研究国家、战区或更小的军事区域环境对空军军事活动影响的特殊规律。通过基础理论研究，探索利用地理、气象条件的原理、原则；通过应用理论研究，提出实施空军军事活动的地理、测绘、气象保障的相应理论和方法；通过现实问题的研究，提出空军军事活动的环境需求和保障对策。

应用先进科学技术的研究方法 空军军事环境的研究，历来重视应用先进科学技术的研究方法。现代条件下在对空军军事环境考察、分析及其信息的处理、传输、应用方面，更加重视应用先进的科学技术方法。如：在地理信息、气象信息获取方面，广泛运用了激光测距、雷达探测，航空和航天遥感、遥测技术，测地卫星、气象卫星和海洋监视卫星等成为大地测量、地理调查、气象观探测、海洋监视和水文观测的重要技术手段；在信息处理方面，计算机技术的应用，大大提高了对各类信息的处理能力和时效性。所有这些，不仅扩大了获取信息的空间范围、种类、频次和数量，提高了信息获取的质量，而且加快了空军地理、空军测绘和空军气象研究工作的进程。

趋势 发端于20世纪下半叶的新军事变革，是迄今为止人类历史上最为深刻的一场军事革命。空军作为军事力量的重要组成部分，在军事思想、武器装备、体制编制、战略战术等方面都发生深刻变化的同时，军事环境及其理论研究也将发生深刻变化。

研究范围进一步扩展，学科将进一步增加 现代战争的高度空中化、作战环境的高度复杂化、作战空间的高度立体化、作战行动的高度隐匿化、作战信息的高度密集化和作战指挥的高度自动化，为空军军事环境的研究提出了新的要求。要突破传统的空军军事活动中的环境概念，扩展空军军事环境的研究范围，从现代战争的总体形态出发，研究空军军事环境，提出新的环境保障理论，以使空军适应现代战争的需求。与之相适应，空军军事环境门类的现有学科将在不断增加新的内容，完善其自身学科体系的同时，得到进一步繁衍扩展，增加一些新的学科。如空军信息环境学、空军工程地质学、空军空间地理学、空军空间天气学等，将随着研究的深入，逐渐发育成长为空军军事环境门类学科家族中新的成员。

研究技术和手段更加多样，保障信息的获得和处理技术将更加完善 定量与定性分析的方法、运筹学与系统工程的方法以及计算机模拟与虚拟技术的方法将成为空军军事环境研究的重要技术手段，使得研究的技术和手段更具多样性。空军地理信息系统、空军气象信息工程等的发展和完善，将具有完备的交互性，能收集、整理、加工、存储、评估、反映、传播各种地理和气象信息资料。空军测绘保障也将从传统的大地测量、航空摄影测量和地图制图体系扩展到全球定位系统。数字化和信息化将成为空军测绘保障的主要特点，标准化的数字航空图将广泛应用。空军气象信息工程、空军气象保障自动化系统随着空军气象装备的更新，也日趋完善。这些系统，在空军指挥自动化系统中，将发挥整体机制，实时和快速满足空军作战决策的需求。

研究地位进一步提高，发展速度将进一步加快 高技术兵器的广泛使用，作战空间的明显扩展，陆、海、空、天、电磁一体化战场的形成，大大地提高了空军军事环境研究的地位。为使空军适应现代战争的要求，空军军事环境各学科的基础理论与应用理论研究必须与不同规模的作战理论研究相适应，不仅要解决空军战略、战役、战术行动中地理、测绘、气象保障的理论和方法问题，还要研究解决高技术条件下局部战争的信息环境保障的理论和方法问题；不仅要研究解决空军及其兵种独立作战中的地理、测绘、气象保障的理论和方法问题，还要研究与陆军、海军、战略导弹部队等军兵种联合作战中的地理、测绘、气象保障的理论和方法问题。这些问题已经引起理论界和相关部门的高度重视，研究和发展速度将进一步加快。

（李福林）

空军地理

kongjun dili

空军地理 (air force geography) 空军建设和运用等军事活动赖以存在并能对其产生影响的自然地理环境和人文地理环境的统称。是空军地理学的研究对象，从属于军事地理。包括地貌、水文、植被、气候、土壤以及资源、工农业生产、交通、人口、民族、城镇等要素。

简史 人类在早期的军事活动中就开始了对地理环境的研究。但人们对地理环境与飞行关系的研究，却是伴随着飞机的出现才逐渐开展起来的。在意土

战争，特别是第一次世界大战中，飞机被广泛用于空中作战，人们从战争实践中认识到了地理环境对空中作战的影响。把空中作战同地理环境联系起来进行研究的人应首推意大利人G.杜黑，他依据意大利的地理环境特点和当时飞机的作战能力，提出了“制空权”理论。以后，美国的W.米切尔和英国的H.M.特伦查德也强调了把空域作为地理空间的一部分首先予以考虑的观点。随着航空兵器的发展和战争的实践，人们越来越深刻地认识到地理环境对空中作战行动的重要影响，从而开始将大气层空间作为第三维要素引入战争区的概念之中。这一时期，已开始出现了将空军地理从军事地理研究中分化出来，成为单独学科的趋势。在第二次世界大战中，随着飞机的发展和战略轰炸、争夺制空权、战区空中支援、防空作战、空降作战以及战略、战役空运等空军作战行动的增加，更加深化了人们对大气层空间军事活动与地理环境之间关系的认识。二战后，由于空军的普遍建立和飞机性能的提高，使空军的战略功能明显扩大。为了使空军武器装备发展及其作战运用与地理环境更加适应，一些国家已将空军地理作为一门独立的学科进行研究。在美国等国家出版的一些书中，明确提出了“空军地理”和“空战地理”的概念，并把它们作为学科的研究对象，从实战的意义上对地理与空中作战的关系问题进行了理论阐释。20世纪70年代以后，由于高技术的发展，计算机的广泛应用和新一代作战飞机的研制问世，以及高技术局部战争的需求，迫使人们使用先进的研究手段来扩大空军地理研究的深度和广度，并逐步建立起了空军地理信息系统，空军地理研究有了新的发展。可以说，空军地理研究是随着飞机和空战的产生而产生，随着空中力量的发展而发展的。

主要内容　空军地理的研究内容可分为综合性研究与区域性研究两大类。综合性研究是空军军事活动与地理关系的规律性研究，包括地理条件对空军建设和运用等军事活动的综合性影响，以及空军地理的基本理论与研究方法等方面的问题。它是区域性研究的理论依据。区域性研究，旨在具体研究和分析某一空域的地理环境对空军建设和运用等军事活动的关系，以及有关的地理资料、判断结论等。区域性研究具有较强的现势性，是规划空军建设，平时或战时实施空军作战行动的重要依据。一般认为空军地理研究的内容是：①制定空军战略中的地理环境要素。②空军既定或预想作战区域的方向、位置、空间范围和所处战略地位。③空军实施战略、战役性打击目标的选择和识别中的地理要素。④空军担任防护的国家重要政治、经济、军事目标的地理特点。⑤陆地和海洋上空与空军作战有关的气象要素的变化规律。⑥不同区域的自然地理环境对飞行条件、通信效果、地标领航、侦察效能以及实施空中支援、轰炸、空降和空投的影响。⑦空军基地的分布、性质、设施特点，以及航空母舰位置的地理分析。⑧地理要素对空中航线、航路和空中走廊的划定，以及军事航空管制的制约与影响。⑨太阳辐射、地球磁场、电磁干扰、海拔高度、交通运输、通信网络、地质土壤、水文气象、人文环境等地理要素对空军各兵种军事行动的影响。⑩空军地理信息系统的建立、管理和使用。

趋势　随着科学技术的进步，数字地球的构建和应用，以及空军在战争中地位的进一步提高，空军地理研究显得更加重要。其研究趋势是：①由于海洋和外层空间战略地位的提高，空军地理研究范围将向海洋和外层空间扩展。②由于现代战争的节奏加快，信息需求量大，空军地理研究将朝着加快地理信息搜集和处理的速度，实现自动化的方向发展。③由于作战空间范围的扩展，空军地理研究将以适应空军新的作战理论发展需要为出发点。

（李国强）

kongjun dilixue

空军地理学 (air force geography)

研究空军建设和运用等军事活动与地理环境的关系以及军事上认识、利用地理环境规律的学科。军事地理学的组成部分。主要研究任务是：揭示地理环境对空军建设、运用等活动的影响和空军在以航空兵为主体的空中斗争、空对地斗争和地对空斗争中认识、利用地理环境的规律，为规划空军建设，制定空军作战计划，准备与实施空军作战行动和进行空军地理保障等提供科学依据。

简史　动力飞机的出现，及其在第一次世界大战中的广泛运用，使地理环境对飞机作战的影响与制约成了军事地理学研究的重要内容。空军军事学说的创立者G.杜黑、W.米切尔、H.M.特伦查德等人曾强调，应将天空作为地理空间的一部分首先予以考虑。由于人们意识到战区空域必将对陆上和海上的军事行动发挥重要影响，加上战争的迫切需求，开始将大气空间作为第三维要素引入战争区的概念之中，但当时主要进行空军地理的应用性研究，直接为战争服务。

第二次世界大战中，空军得到了高速发展，广泛实行了战略性轰炸、争夺制空权、战区空中支援、防空作战、空降作战，以及战略、战役空运等作战行动，深化了人们关于大气层空间军事活动与地理环境关系的认识，在空军地理研究的基础上已经显露出空军地理学的雏形。战后，空军的普遍建立和空中力量的飞速发展，使空军的战略功能明显扩大。空军武器装备发展及其作战运用与地理环境更加适应，一些国家的军队将大气层空间的军事活动研究从军事地理研究中分化出来，把空军地理作为一门单独的学科进行研究。最初，空军在成为单独的军种时，主要由航空兵组成，空军地理学研究主要围绕航空兵作战行动进行。随着空军内兵种的增多与空军合成作战的需求，空军地理学研究的范围也扩展至空军的各个兵种。由于各国空军所属兵种不同，其范围也有区别。空军地理学的出现决不是偶然的，它是随着飞机和空战的产生而产生，随着空中力量的发展而发展，是军事科学理论适应战争需要的必然结果。

中国自创建空军以来，就十分重视对三维空间地理环境的研究。在空军作战、训练、气象、领航、通信等各部门的活动中，在各兵种、部队遂行各项任务的过程中，以及在基地部署、军事工程、武器装备发展、航空航天医学研究、后勤保障等各个方面，都对大气及不同地域和地理环境的影响与制约作用做了大量研究，积累了丰富的资料。20世纪50年代，中国人民解放军南京军事学院空军系在讲授“军事地理学”课程时，就较多地涉及到空军地理学的相关内容。

截止21世纪初，国内外出版的一些军事地理学著作中，已确定了空军地理学的学科地位，并阐明了学科的主要研究对象和内容。1978年出版的《南斯拉

夫军事百科全书》的军事地理学条目列有“空军军事地理学”，并指出“空军军事地理学研究陆地和海洋上空的大气，特别是研究那些与准备及实施空中战役有关的气象条件和陆地与海洋的特性”。1988年中华人民共和国出版的《军事地理学》，在“军事地理学的研究范围和内容”一节列有“空军军事地理学”。1997年中国出版的《中国军事百科全书》专设“空军地理学”条目。1998年出版的《现代军事地理学科概论》专门有一章论述“空军地理学”。

近年来的高技术局部战争，大量使用空军作战以达成战略战役目的，空中作战已成为主要作战样式。在海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争中，大量的卫星、无人机侦察和监视为研究战区的地理环境提供了现代化的侦察手段，空军发挥了重要作用，也为空军地理学的研究提出了新的要求。随着战争形态逐步向信息化过渡，军事高技术不断发展，计算机的广泛应用和新一代作战飞机的研制问世，使人们使用先进的研究手段来扩大空军地理学研究的深度和广度，逐步建立起了空军地理信息系统。空军地理学研究进入信息化时代，数字化技术将取代落后的手工作业方式，从而使空军地理学更好地为战争服务。

研究内容 空军地理学研究的重点是建立系统的空军地理理论，为观察、研究和解决空军地理问题提供理论依据和思路、方法。一般认为空军地理学研究的内容有：①空军地理学的基础理论，如基本概念、学科归属和分类。②空军地理学的发展过程。③空军地理学与空军作战环境学的关系。④空军地理学与空军战略、战役、战术领航、后勤、装备、医学、测绘、气象、航天等其他相关学科的关系。⑤对与空军活动相关的地理要素进行分析研究的方法手段。⑥特殊地理环境与空军的关系。⑦空军地理保障研究。⑧空军地理学与高技术战争的关系。⑨空军地理学与信息化战争的关系。⑩空军地理学的发展趋势。

发展趋势 随着空军武器装备的发展和信息化战争呈现的新特点，空军地理学将进一步扩展研究内容。如：重视外层空间的研究，在制空权同制天权日益趋于一体的情况下，空军地理学的研究范围必然要突破平流层而达到外层空间，重新评估三维空间地理环境对目标识别和通达性的影响；从作战目标选择、主要突击方向选择、力量使用、航线航行剖面选择、战法选择和作战时机选择等方面，全面评估军事地理环境对高技术、信息化空中作战影响的规律；加强对特殊地理环境的研究，积极开展有关城市、热点地区、边界地区、高寒冻土和山地等特殊地理环境的研究；空军地理学的研究手段将日趋多元化。由于计算机技术、多媒体技术、遥感与定位技术的广泛应用，空军地理信息的获取和研究成果已从单一的文字描述发展到以空军地理数据库为基础，建立以模型分析和决策支持为内容的空军地理信息系统，并且具有空军地理专题图、空军数字化地图、空军地理影像资料、军事遥感图像处理等多种研究和保障手段，以其直观性拓宽了空军地理学的研究和保障领域。空军地理学学科建设将更趋完善。随着现代科学向系统化方向的发展，军事地理学各分支学科的相互促进作用和内在的联系性也越来越明显。空军地理学正逐步与相关学科建立起互相渗透的关系，成为军事地理系统化研究成果的重要组成部分。

（李国强）

dixing

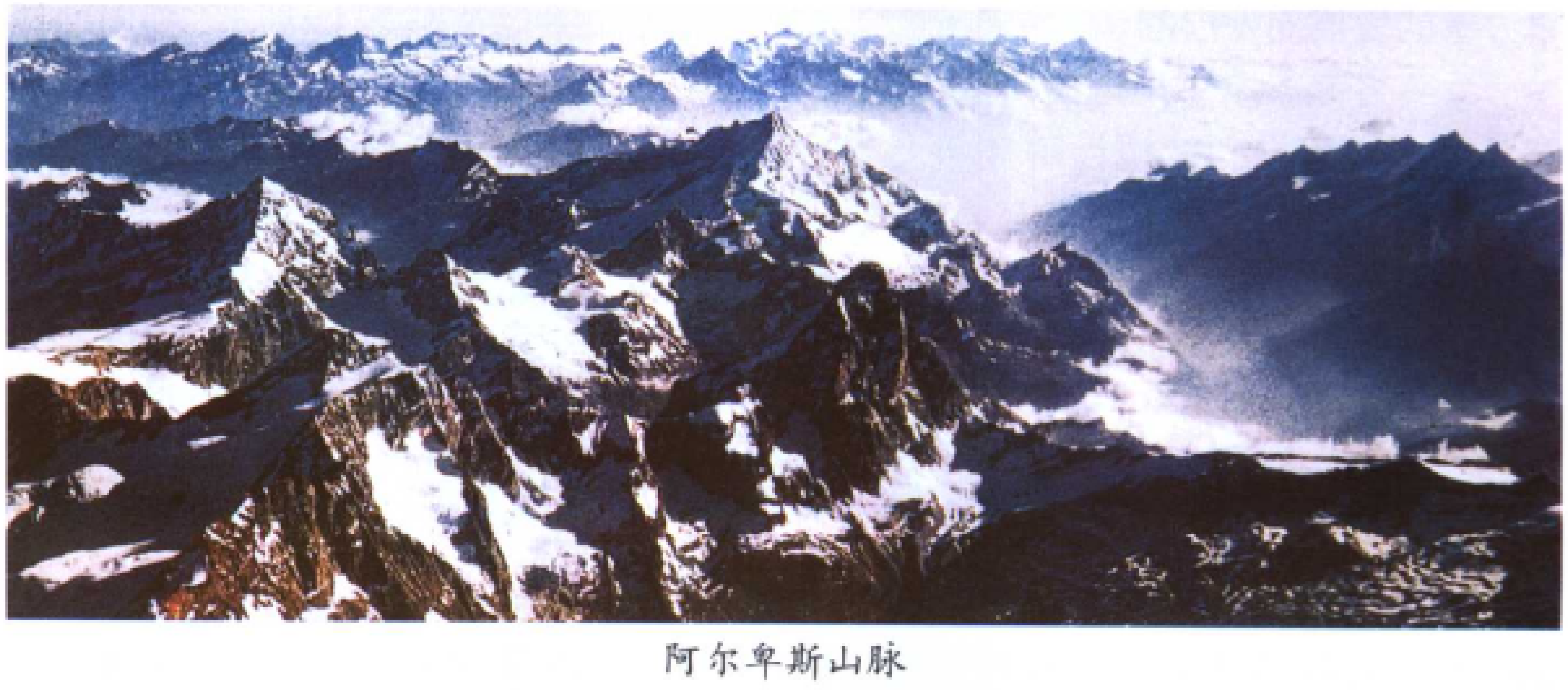
地形 (terrain) 地貌和地物的统称。地貌是地球陆地表面和海洋底部的自然起伏形态。地物是地表面自然形成和人工建造的固定性物体。

各种不同的地形是由不同的地貌和地物相结合而形成的，主要类型有平原、丘陵地、山地、高原、森林地、居民地、水网地、河流、湖泊、海岸、岛屿、沙漠、戈壁、草原和沼泽等。地形是影响军队作战行动的重要因素。军事上按其观察、通行条件分为：开阔地、遮蔽地、断绝地和起伏地。开阔地是视界开阔的平坦地域，如平原、高原、草原；遮蔽地是妨碍观察的地物较多或地面起伏显著的地域，如居民地、山地、森林地；断绝地是被江河、沼泽、断崖、冲沟等阻隔而难以通行的地段；起伏地是地面高低起伏显著，影响观察、通行的地区，如山地、丘陵地。

地形对空军的影响主要体现在：①选择和修建机场需考虑地形是否平坦以及净空条件、交通条件、地质条件等因素。②由于地形的变化而引起的大气湍流对航空器飞行的影响。各种不同性质的地形表面受太阳的照射后，由于快慢不同而产生热力湍流，以及空气流过粗糙不平的地表面或障碍物时引起动力湍流，都会对飞行造成不良影响。③沙漠和戈壁地形产生的强烈沙暴和浮尘对飞机机体和飞行都产生严重的影响。④不同地形产生的大气电场对飞行安全威胁较大。⑤复杂的地形对航空兵选择和攻击地面目标造成影响，在对位于山地的目标进行攻击时，航空兵难以发现和实施攻击行动。⑥地形对空降兵在选择空降场时、实施空降时、空降后投入战斗均有直接影响。⑦根据地形条件，地空导弹、高射炮及雷达兵部队选择适宜的阵地。⑧各兵种在实施作战行动中，要认真分析研究各种不同的地形，趋利避害。（李国强）

dimao

地貌 (geomorphy) 地球陆地表面和海洋底部的自然起伏形态。包括大陆、海洋盆地及其山地、丘陵地、平原、高原、盆地等各种形态和形态组合。是自然地理环境的基本要素之一，人类活动的客观条件。地貌是在地壳运动、火山


阿尔卑斯山脉

作用、地震活动等地球内营力和流水、冰川、风、波浪、海流等外营力的长期相互作用下形成发展的。内营力形成大的地貌骨架，控制地球表面的基本轮廓；外营力使地表趋向平缓，塑造地貌的细部。由于内、外营力在空间与时间上作用强度的不同，地表岩石性质的差异，以及人类活动等影响，从而塑造出各种地表形态。不同的地貌对空军战场建设、战备准备和实施作战行动以及武器装备的效能具有一定的影响。

（李国强）

ludi

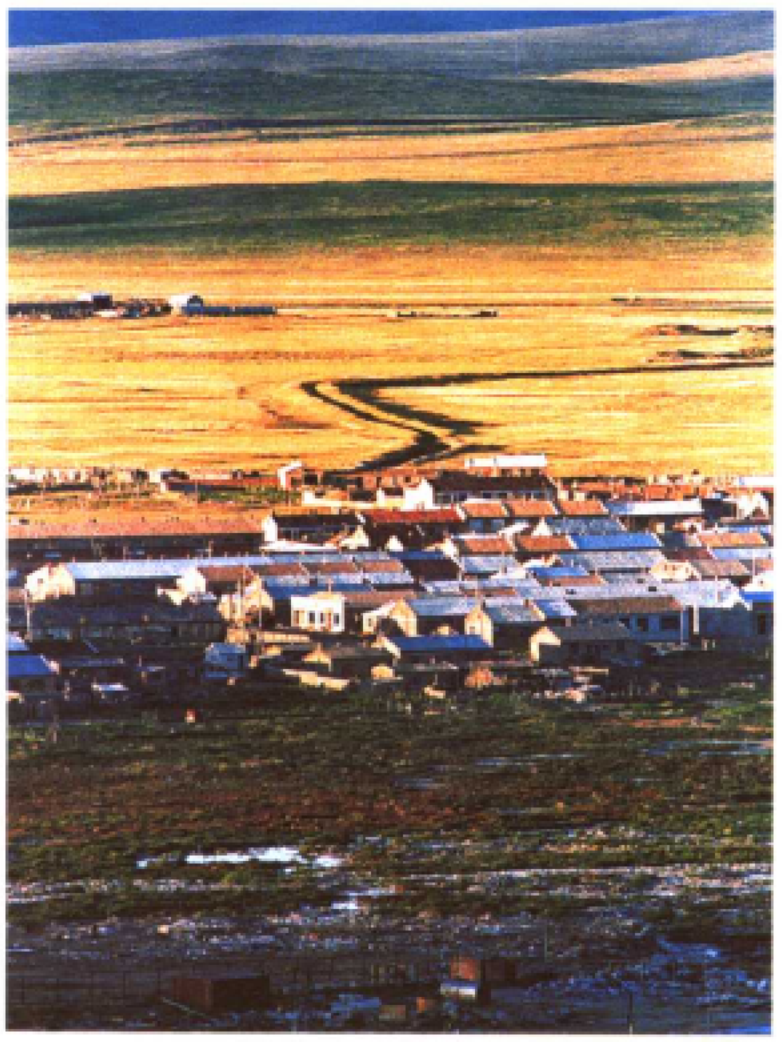
陆地 (land)　地球表面未被海水淹没的部分。平均海拔875米。面积约1.495亿平方千米，占地球表面总面积的29%，约有2/3集中在北半球。面积广大的陆地称大陆，是陆地的主体，约占陆地总面积的93%。全球有6块大陆，按面积大小依次为亚欧大陆、非洲大陆、北美大陆、南美大陆、南极大陆和澳大利亚大陆。面积远比大陆小的陆地称岛屿，是陆地的组成部分。陆地地形复杂，按高度和起伏形态大体可分为平原、高原、山地、丘陵和盆地。此外，还有由于受外力作用的强烈影响而形成的河流、三角洲、瀑布、湖泊、沙漠等。陆地拥有适合于人类和陆地生物生息发展的物质条件，是人类活动最主要的场所和进行海上与空中活动的基地，亦是修建各类机场、阵地等设施的主要场所。陆地机场种类多，分布广，既有平原、丘陵一般地形地质条件的机场，又有高原、戈壁滩等复杂地形地质条件的机场。位于中国青藏高原上的西藏邦达机场，海拔4 330米，是世界上最高的军用机场。陆地高低悬殊，形态各异，对飞行有着不同的影响。按自然地理条件，通常将陆地飞行区分为平原、高原、山区、荒漠戈壁等地区飞行。

（丁景民）

pingyuan

平原 (plain)　广阔、平坦、地势起伏很小的地区。海拔一般在200米以下，高差在50米以下，平均坡度小于3°。以较小的高度区别于高原，以较小的起伏区别于丘陵。平原是由地壳的缓慢下降与外力堆积或地壳微弱上升与外力剥蚀相互作用而形成的。按高度，分为高平原和低平原；按表面形态特征，分为平坦平原、倾斜平原、凹形平原和起伏平原等；按成因，分为构造平原、侵蚀平原和堆积平原。依据外动力的差别，还可分为熔岩平原、喀斯特平原、冲积平原和海成平原等。全球平原约占全球陆地面积的1/2，多分布于大陆中部，主要有亚洲恒河平原、欧洲东欧平原、北美洲大平原和南美洲亚马孙平原。东欧平原面积广至400万平方千米，是世界上最大的低平原，亚马孙平原面积280万平方千米。中国平原总面积约112万平方千米，约占中国陆地总面积的12%，主要有东北平原、华北平原、长江中下游平原和珠江三角洲平原等。东北平原分松嫩平原、辽河平原、三江平原3部分，总面积35.5万平方千米，是中国最大的平原。平原地区交通便利，物产丰富，人口稠密，是人类政治、经济和文化活动最频繁的区域，也是军事活动的主要地区，适于修建各类机场。平原天气变化相对平缓，气象条件稳定，适于飞行。平原内一般无高大自然障碍物，利于低空和超低空飞行。平原地区缺乏天然遮蔽，机场设施及飞机伪装困难，通常在平原机场的适宜地点修建掘开式机库，作为飞机防护工事，以提高战时航空兵地面生存能力。

（丁景民）



松嫩平原一隅　　车　夫摄

gaoyuan

高原 (plateau)　泛指顶面平缓宽广、海拔一般在500米以上，起伏较小、外围较陡的地区。以较大的绝对高度或相对高度以及较大的切割程度区别于平原，以广阔的平缓顶面区别于山地。高原的形态比较复杂，通常可分为切割高原和波状高原。当高原上有山地相间分布时，又称为山原。世界上的高原主要有：南极冰雪高原(世界上最大的高原，面积1 280万平方千米)、南美洲的巴西高原、中国的青藏高原(世界上最高的高原，平均海拔4 500米)和伊朗高原等。中国的高原主要有青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和云贵高原。高原对飞行的影响视其地理位置、高度、切割程度和顶面特征等条件的不同有较大的差异。高原空气稀薄，气象多变，气候寒冷，常有暴风雪，对飞行影响大。飞机发动机推力下降，增速慢，舵面效应差，机动性能降低；高原机场飞机起飞、着陆滑跑距离显著增长。

（丁景民）



青藏高原上的雪山与冰川　　唐师曾摄



黄土高原一隅

shandi

山地 (mountain land) 地面起伏显著，群山连绵交错的地区。海拔一般在500米以上，相对高度大于200米，通常形成在地壳强烈上升的地带。因内力作用使地壳产生复杂变形，抬升隆起，经外力强烈切割而形成。山岭包括山顶、山坡和山麓。山顶呈狭长带状延伸时称山脊。山顶按形态特征，分为尖顶山、圆顶山和平顶山。山坡分为直形坡、凹形坡和阶状坡。按高度，可分为低山地(海拔500～1 000米)、中山地(海拔1 000～3 500米)、高山地(海拔3 500～5 000米)、极高山地(海拔5 000米以上)。全球约有山地7 120万平方千米，主要有两条巨大的高山带：一条为环太平洋高山带，沿太平洋两岸呈南北向分布；另一条是东西向山脉带，横贯亚欧大陆中南部及非洲大陆北缘。地球上海拔8 000米以上的山峰有14座，中国的珠穆朗玛峰海拔8 848米，为世界第一高峰。中国山地分布广，约占中国陆地总面积的33%。山地地形复杂，天气多变，气流扰动比较强烈，缺少显著地标，雪山反光，对飞行安全有一定的影响。位于山区的机场可利用附近适合的山体构筑飞机洞库，加强飞机防护。

（丁景民）



广东地区的丘陵地　　曾湘敏摄

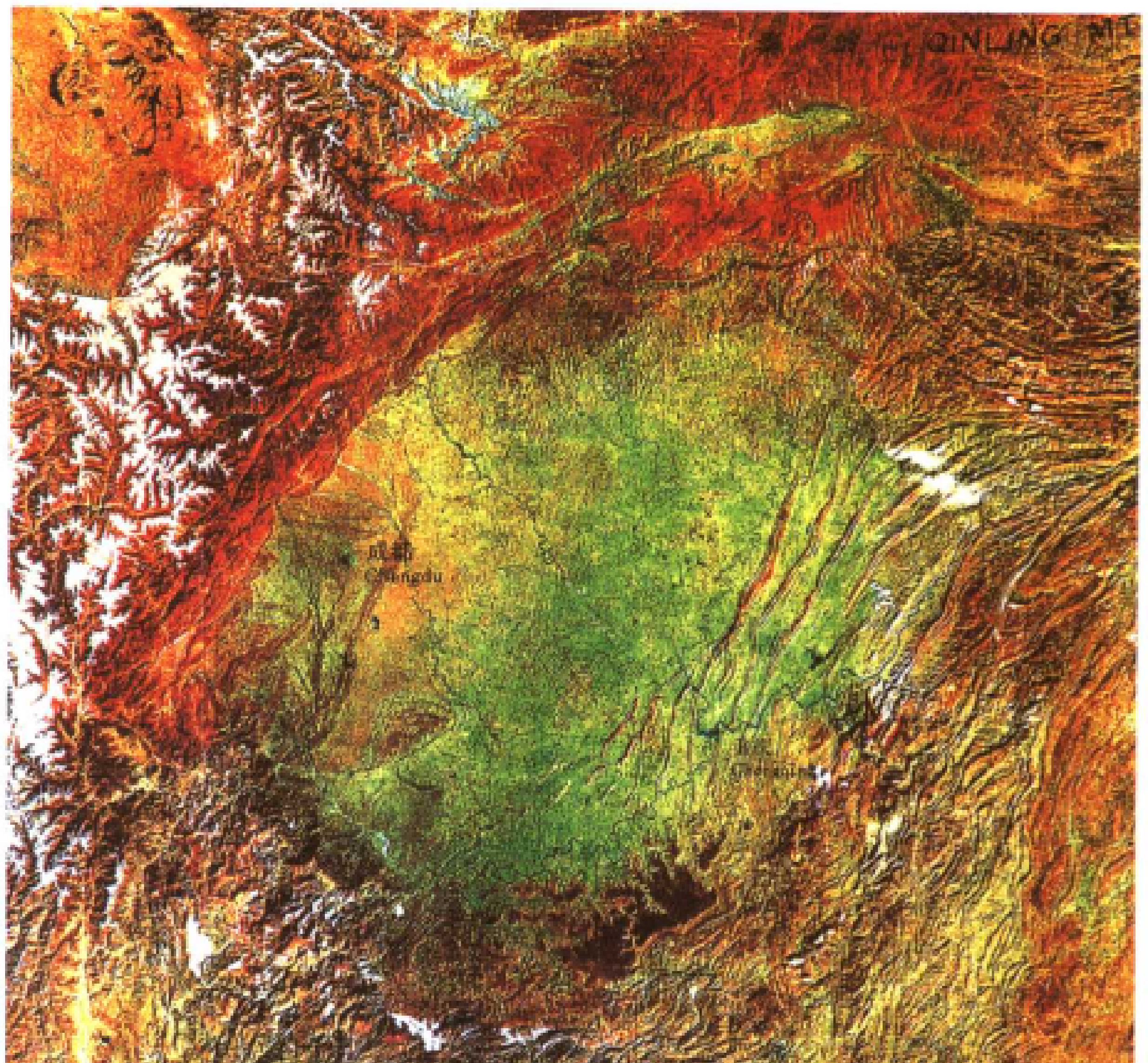


山　地　　刘社爱摄

qiulingdi

丘陵地 (hilly land) 地面起伏较缓、岗丘错综连绵的地区。相对高度250米以下。以明显的起伏区别于平原，以较小的高度和起伏区别于山地，是平原与山地间的一种过渡地形。通常由山地或高原经长期外力侵蚀、堆积或火山作用形成，多分布于沿海地区、内陆盆地、山地边缘或高原顶面。按相对高度可分为低丘(相对高度50米以下)、中丘(相对高度100米左右)、高丘(相对高度250米左右)。中国丘陵地面积约100万平方千米，约占中国陆地总面积的10%。主要有东南丘陵、胶东丘陵和辽西丘陵等。丘陵地谷宽陵低，岗丘形态缓和，其地形、地质、气象和水文等条件较山地好，修建各类军用机场较山地容易。丘陵地区的机场通常利用丘体构筑飞机防护工事隐蔽飞机。

（丁景民）



四川盆地

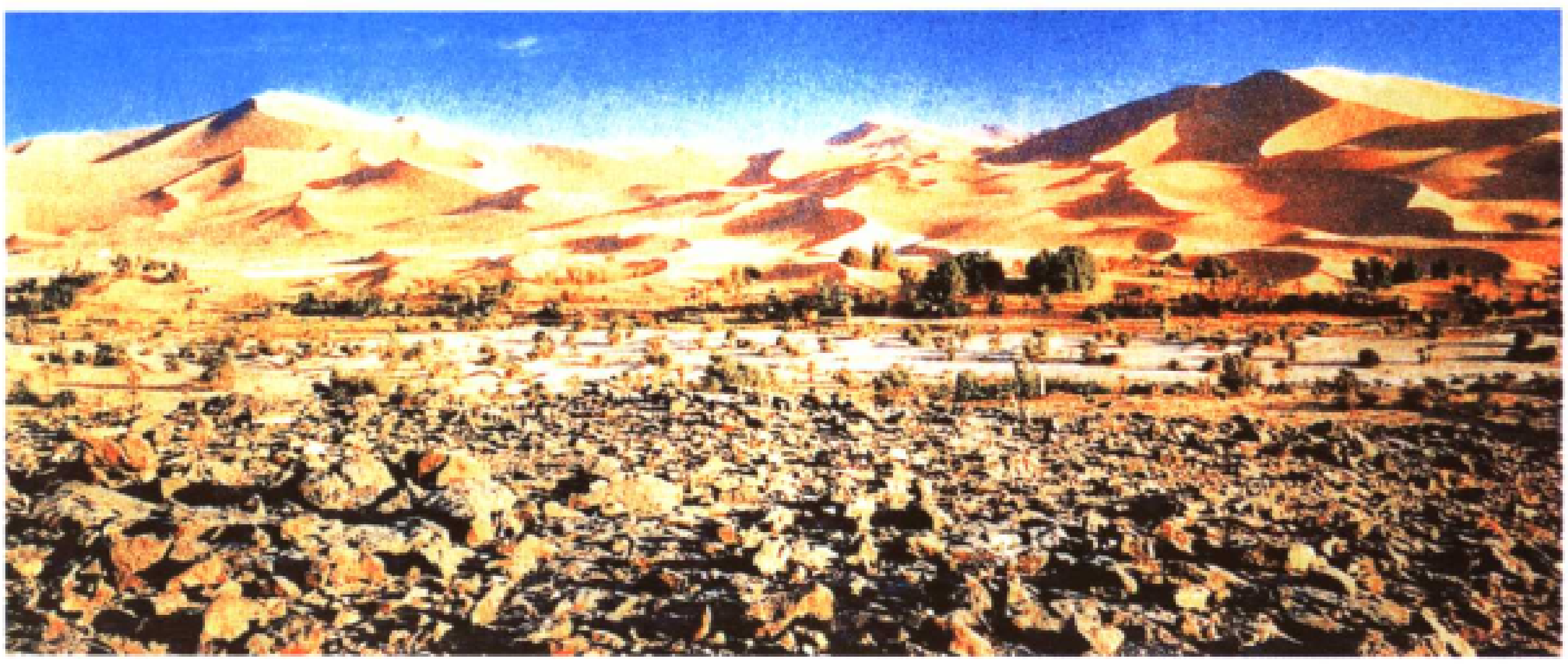
pendi

盆地 (basin) 陆地上中间低、四周高的盆状地区。周围被高原、山地环绕，中间为洼地、丘陵或平原。属复合地貌类型。构造成因通常和周围的高原、山地相同。按照形成原因，可分为构造盆地和侵蚀盆地。构造盆地是由于地壳运动或地质构造控制形成，可分为断陷盆地、拗陷盆地和向斜盆地；侵蚀盆地是由于流水、冰川、风和岩溶等外力侵蚀作用形成，可分为河谷盆地、冰蚀盆地、风蚀盆地和溶蚀盆地。按照地理位置和地形特征，可分为山间盆地、内陆盆地和外流盆地。山间盆地位于丘陵、山地之间；内陆盆地位于大陆内部；外流盆地有河流通向海洋。盆地分布较广，面积大小不一。中国著名的盆地有塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地(见图)和柴达木盆地。面积广大的盆地可以是一个自然地理区，形成特有的自然地理环境，联络盆地内外的河谷和山口，常为重要的交通要道和关隘，在军事上可构成独立的作战地区和特殊的作战环境。

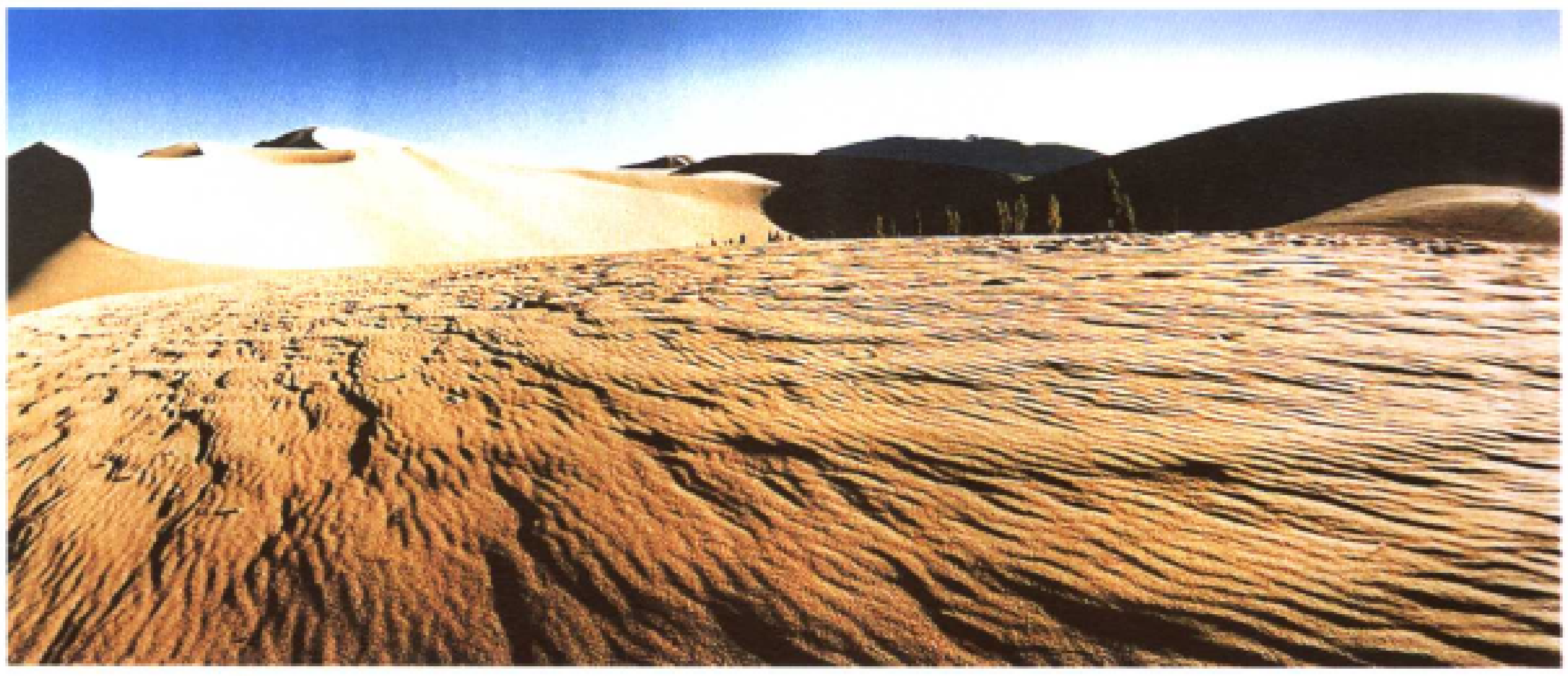
（程　榕）

gebi

戈壁 (gobi) 地表被粗沙、砾石覆盖，植物稀疏，无土壤发育的荒漠地区。又称砾漠。干旱气候条件下荒漠的一种类型。蒙古语的意思为“难生草木的土地”。因地表各类碎屑积物，经强劲风力作用，细砂粒和粉尘被吹走，留下成片覆盖的粗沙、砾石而成，多分布在沙漠边缘。按地表物质构成分为：①软戈壁。由较小砾石和较厚沙土覆盖，耐碱草类、灌木稀疏，地表松软。②硬戈壁。由布满沙土砾石或卵石覆盖，砾石、卵石层厚度达几米或几十米以上，地表坚硬。全球戈壁主要分布在蒙古国南部，中国内蒙古北部和河西走廊南北侧，塔里木、准噶尔、柴达木等盆地边缘也有戈壁存在。戈壁地区地势平坦开阔，视界良好，日照充足，风能资源丰富。但植被稀疏，干旱缺水，风沙活动频繁，昼夜温差大。部队在戈壁地区活动时，人员体力消耗大，隐蔽、伪装和后勤保障困难，防护能力差。戈壁地区飞行地标稀少，目视判断飞机位置较为困难。（梁万义）



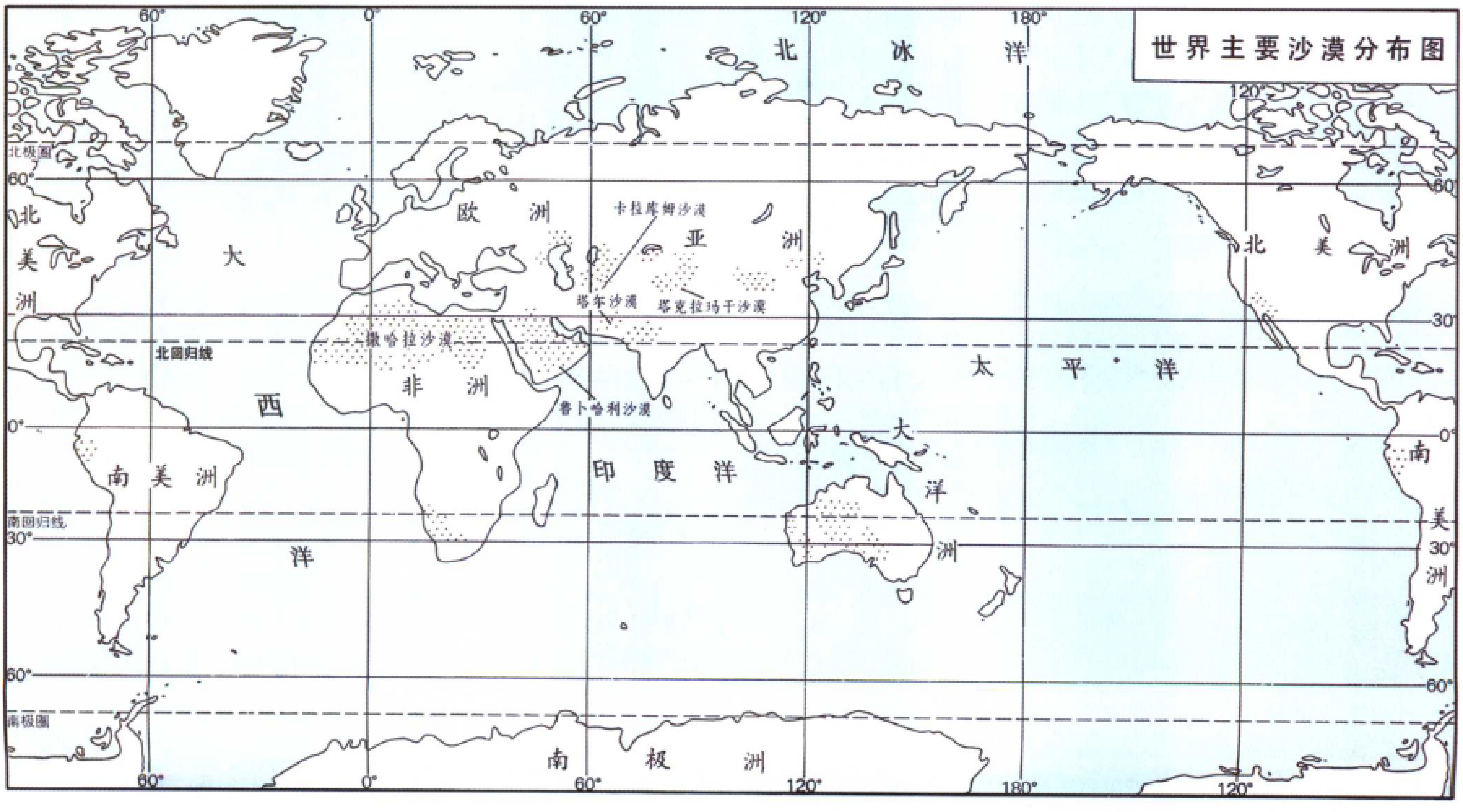
撒哈拉沙漠一瞥



格尔木沙漠一隅　　杨子恒摄

shamo

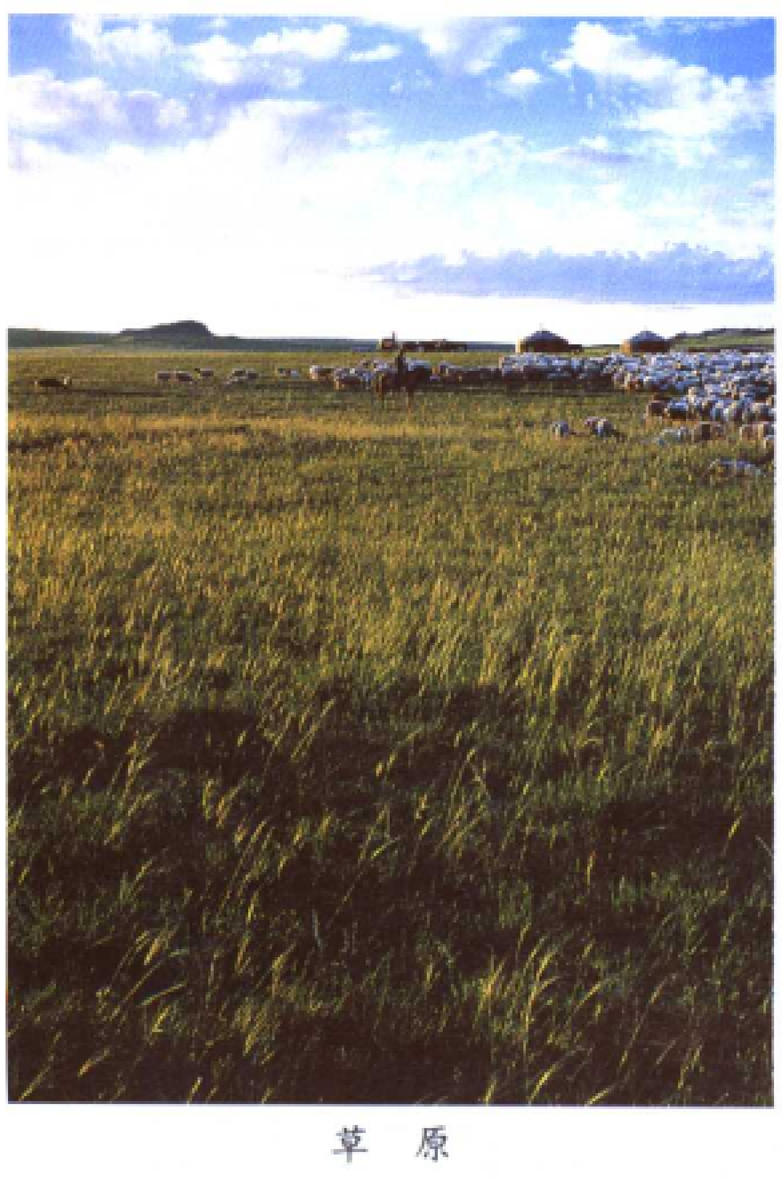
沙漠 (desert) 地表覆盖大片流沙，广布各种沙丘的荒漠地区。长期干旱气候条件下形成的荒漠中分布最广的一种类型。因植被稀疏，气候干燥，降水稀少，气温剧变，强烈风化作用而成。在风力作用下沙粒堆积形成沙丘。按沙丘的流动程度分为：①流动沙丘。风沙活动频繁强烈，流动性大，位置和形状随盛行风向改变。②半固定沙丘。有一定泥土成分，下陷力小，杂草灌木多成小片分布，有局部风沙活动，形状常随风力部分改变。③固定沙丘。泥土成分较多，土质松软，夏秋季节杂草灌木丛生，丘与丘之间常有比较平坦的草甸或小面积沼泽，风沙活动不显著，形状一般不变动。全球沙漠占陆地面积的10%，主要分布在中亚、北非、西南亚和澳大利亚等地(见分布图)。非洲撒哈拉沙漠是全球最大的沙漠。中国的沙漠面积约71万平方千米，占



国土面积的7.4%，主要分布在新疆、甘肃、内蒙古、宁夏等省(区)。塔克拉玛干沙漠是中国最大的沙漠。沙漠地区地表松软，交通不便，干旱缺水，植被贫乏，扬沙频繁，日照强烈，昼夜温差悬殊。部队在沙漠地区活动时，行动不便，人员体力消耗大，武器装备磨损快，后勤保障任务艰巨。在沙漠地区飞行时，发动机进气道易吸入沙粒，造成构件磨损，降低发动机工作效率，对飞行安全造成威胁，给飞机维护保养带来一定困难。扬沙还会降低飞行能见度。 （梁万义）

caoyuan

草原 (steppe) 生长草本植物或间有灌木的广阔平坦的半干旱地区。其中草本植物以针茅、隐子草等禾草为主，混生有豆科、蔷薇科等多种杂草。随着气候变化、生物发展和草本植物的出现，经过生物的长期适应和相互作用而逐步形成。按外貌特征可分为：①草甸草原。主要由多年生丛生及根茎类禾草组成，是草原中较湿润的类型，多分布在平坦洼地和坡地，是良好的天然草场和放牧场。②典型草原。以丛生禾草为主，是草原中分布最广泛的类型。③荒漠草原。以低矮的丛生禾草为主，混生其他旱生双子叶草本植物及旱生灌木、半灌木，是草原向荒漠的过渡地区。草原地区具有大陆性气候，四季分明。年降水量250～500毫米，多集中在夏季。全世界草原面积约3 058万平方千米，主要有欧亚大陆草原、北美草原和南美草原等。中国草原面积约287万平方千米，主要分布在内蒙古、新疆、青海等地区。内蒙古草原面积约80万平方千米，生长400多种草类，是中国最大的草原。草原地势平坦开阔，树木稀少，温差大，人烟少，干湿季节明显。草原地区有利于飞机空投、空降和迫降。 （范国安）



草　原

senlindi

森林地 (forest land) 大面积生长树木的地区。区域内植被以乔木为主，由木本、草本、藤本和附生植物等组成。常见的森林主要有针叶林、阔叶林和混合林。由自然界各种植物在一定气候、地貌和土壤条件下，种子和枝根不断繁殖，经过漫长的自然选择后互相适应而形成。森林随气候、土壤条件变化，从热带到寒带，依次为：热带雨林、季雨林，亚热带常绿阔叶林、硬叶常绿林，温带落叶阔叶林和寒温带针叶林等。按树龄、树高和树径，可分为幼林、中年林和成年林；按密度大小，可分为密林、中密林和疏林。全



森林地　　赵占东摄

球森林面积约2 800万平方千米。中国森林面积约18.28万平方千米，主要分布在东北和西南、西北山区及南方热带、亚热带等地区。由大、小兴安岭和长白山温带森林组成的东北林区，面积达3万多平方千米，是中国最大的森林区和最重要的木材生产基地。森林是木材的主要来源，同时具有一定的保持水土，调节气候，防止水、旱、风、沙等灾害的作用。森林地区有利于隐蔽军事设施和掩护部队行动，能提供应急代食品，阻挡和减弱核、化学武器的杀伤力，但不利于部队快速机动，还容易滞留毒剂和引起火灾。森林地区对空投、空降和野外救生有一定影响。 （范国安）

hupo

湖泊 (lake) 陆地表面洼地积水形成的面积较宽广的水域。属陆地水系的组



青藏高原上的班公湖　　袁国祥摄

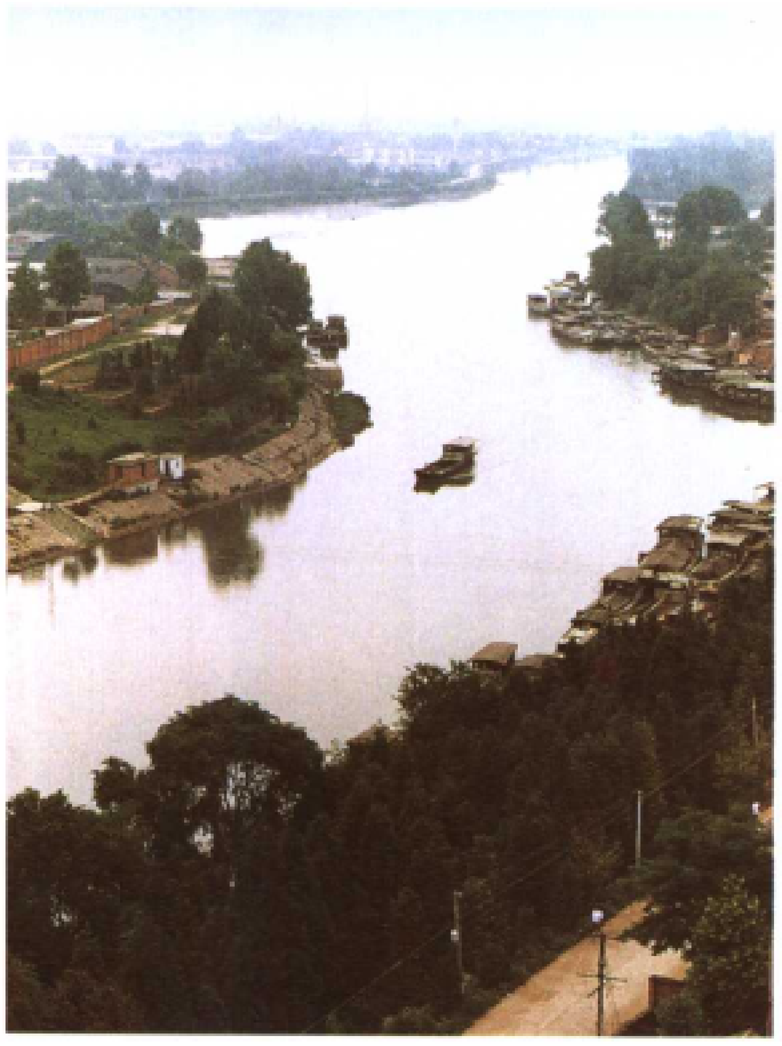
成部分。面积从几平方千米到数万平方千米。按湖水矿化度，分为淡水湖、微咸湖、咸水湖和盐湖；按泄水情况，分为排水湖和非排水湖；按成因，分为天然湖和人工湖。天然湖指因地壳运动、火山爆发等原因形成，又分为构造湖、火口湖、堰塞湖、冰蚀湖、风蚀湖、岩溶湖等；人工湖指人为因素形成的凹地积水和水库等。湖泊水的补给以降水、入湖河流和地下水为主。全世界湖泊总面积约206万平方千米，占陆地面积的1.5%左右。里海是世界最大的湖泊，也是世界最大的咸水湖，面积约37万平方千米。贝加尔湖是世界最深、透明度最好、蓄水量最大的淡水湖，水深达1 620米，透明度约40米，蓄水量约2.3万立方千米。死海是世界最低的湖泊，湖面低于海平面392米。中国湖泊有2 800多个，总面积约8万平方千米。青海湖是中国最

大的咸水湖，面积4 635平方千米。鄱阳湖是中国最大的淡水湖，面积3 960平方千米。湖泊在军事上具有重要作用，战时可成为一种天然水障。湖泊密布地区多水鸟，多低云浓雾，对飞行、空投、空降和救生有一定影响。具备条件的湖泊可用于水上救生训练和供水上飞机起降。

（范国安）

heliu

河流 (river) 沿地表线形凹槽内集中的经常性或周期性水流。通常较大的称江或河，较小的称溪或涧。在地壳运动形成的线形凹地与大气降水、冰雪融水或地下水提供的水源等条件下形成，



淮河一瞥

在水流与河床相互作用下发展。河流在其流域内形成水系，水系由干流、支流、湖泊、沼泽及地下河组成。按流经地段通常分为河源、上游、中游、下游、河口五部分。河源为河流的发源地，由融雪、湖泊、沼泽及泉眼等补给水源；上游为紧连河源的地段，通常河谷较为狭窄，水流急，落差大，侵蚀力强；中游水流较平缓，水量大，落差小，河床较稳定；下游河道开阔，流速小，水量大，便于泥沙沉积；河口是河流注入水库、沼泽、湖泊、海洋或另一条河流的交汇处。干旱地区有些河流最后没于沙漠；石灰岩地区有些河流经溶洞或裂隙没入地下，成为地下河流（又称暗河）。世界最长河流为尼罗河，全长6 695千米。亚马孙河流域面积705万平方千米，是世界上流域面积最广、入海水量最大的河流。长江长6 300千米，为中国第一、世界第三长河。河流及其落差为人类提供水及水能资源，利于发展生产。通常河口地区经济发达，交通方便。河流是重要的军事运输通道，可利用河流运送人员和物资。河流也是飞行的重要地标，飞行人员可依据河流等线状地标判断飞机所在位置。

（范国安）

daoyu

岛屿 (island) 被水完全包围，面积比大陆小的陆地。分布在海洋、湖泊、江河中。大小相差悬殊，大的有几百万平方千米，小的不足一平方千米。通常面积较大的称岛，较小的称屿。按成因分为：①大陆岛。地质构造同大陆相似或相联系，曾是大陆的一部分，后因海面上升或地层陷落与大陆分离而成。②海洋岛。从海洋底部上升露出海面，地质构造上与大陆没有直接联系。包括火山岛和珊瑚岛，分别由海底火山爆发喷出熔岩物质和珊瑚虫骨骸堆积而成。③冲积岛。由河流冲积物堆积而成，或由海浪冲蚀而成。多分布于河口和近岸海域。海洋中的岛屿多成群分布。彼此相距较近的许多岛屿，称群岛，有的称列岛。呈弧形排列的群岛，称岛弧。全球岛屿约有20余万个，面积970万平方千米。约占全球陆地总面积的6.7%。世界最大岛屿为格陵兰岛，面积217.56万平方千米。中国最大的两个岛屿是台湾岛和海南岛，面积在3万平方千米以上。岛屿是陆基向海洋纵深的延伸，具有重要的军事价值。一些国家重视岛屿机场的建设，以扩大航空兵在海上活动的范围，并为过往飞机提供后勤技术支援。在岛屿上部署空军部队可延长打击空中目标的纵深，为陆上的抗击赢得时间。部署雷达站可及早发现和监控空中、海上目标的活动。

（梁万义）



香港东南的横澜岛

bandao

半岛 (peninsula) 伸入海洋或湖泊中，一面连陆其余面临水的陆地。按成因分为：①大陆延伸半岛。为大陆的直接延续，大陆的组成部分，受地质构造断陷作用而成。②陆连半岛。又称陆连岛。原为岸边岛屿，因沿岸泥沙和岛屿碎屑物质的逐渐堆积与陆地连接而成。全球的半岛大多集中在欧、亚、北美大陆的边缘，其中亚洲南部的阿拉伯半岛、印度半岛和中南半岛为世界3大半岛。中国最大的3个半岛分别是胶东半岛、辽东半岛和雷州半岛。半岛的两翼一般为边缘海或海湾，其外端常与其他岛屿或陆地相夹峙形成海峡。半岛为交通要冲和战略要地，是从海洋进攻大陆的跳板，陆地防守的前沿。在半岛部署空军部队，对于协同其他军兵种抗敌登陆、封锁海峡等作战具有重要意义。

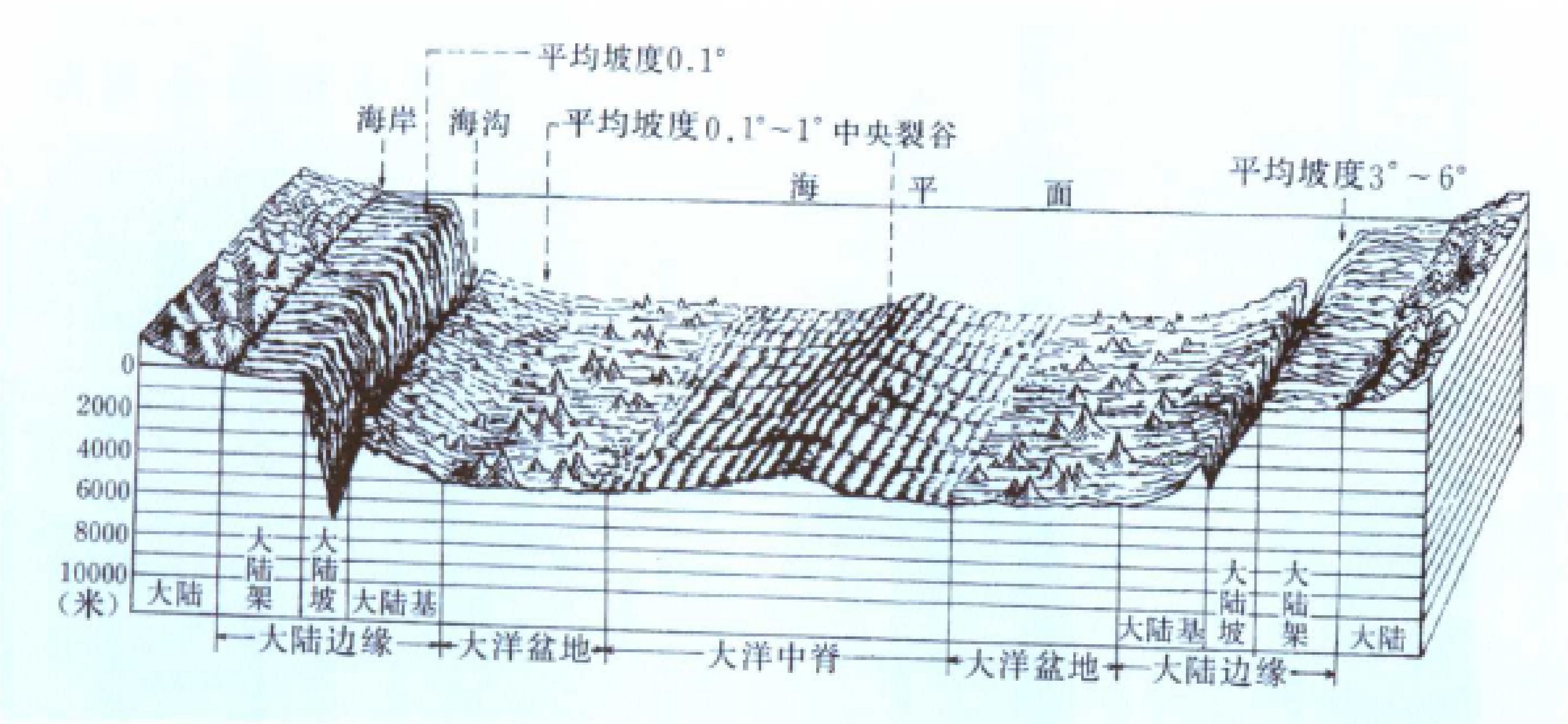
（梁万义）

haiyang

海洋 (sea and ocean) 地球表面包围大陆的连续含盐水域。通常包括海水水体、溶解或悬浮于其中的物质及生活于其中的生物、邻近海洋上空的大气、海岸、海底等。海洋面积约占地球表面总面积的71%。海是海洋靠近大陆边缘的部分，一般深度较小，温度和盐度受大陆影响较大，有明显的季节变化。海的面积占海洋总面积的11.6%。全世界已命名的海共有82个。根据地理形态，分为海、海湾和海峡。靠近大陆边缘的较大水域叫海；伸入陆地的水域叫海湾；位于两块陆地之间的较窄水域叫海峡。洋是海洋的中心和主体部分，一般深度较大，盐度比较稳定(35‰左右)，有独特的潮汐和洋流系统。洋的面积占海洋总面积的88.4%，分为太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。四大洋之间有海峡相互连通。海洋底部通常分为大陆边缘、大洋盆地和大洋中脊(见示意图)。大陆边缘由大陆架、大陆坡和大陆隆(亦称大陆基)组成。大陆架是大陆向海洋的自然延伸部分，深度通常不超过200米。大陆坡和大陆隆是大陆架

东 海


东经125°
120°
130°
北纬25°
30°
20°
黄海
南黄海盆地
东海
东海盆地
台湾海峡
台湾岛
琉球群岛
太平洋
南海
菲律宾
巴士海峡
巴林塘群岛
巴布延群岛
巴坦群岛
九州岛
济州岛
济州海峡
朝鲜海峡
对马海峡
上海
南京
杭州
宁波
温州
福州
厦门
台北
基隆
高雄
台南
台中
花莲
连云港
舟山群岛
钓鱼岛
赤尾屿
彭佳屿
先岛诸岛
宫古列岛
与那国岛
石垣岛
西表岛
冲绳岛
那霸
久米岛
冲永良部岛
德之岛
奄美诸岛
大隅诸岛
长崎
佐世保
福冈
熊本
鹿儿岛
海深与陆高
5000 3000 500 100
6000 4000 2000 1000 200 50 0 200 500 1000 1500 2000 3000 米
1:9000000
90 0 90 180 270千米



海底地貌剖面示意图

与大洋盆地之间的过渡地带，大陆坡位于上部，坡度较陡；大陆隆位于下部，坡度略缓。大洋盆地底部平坦，距水面4 000～5 000米。大陆边缘与大洋盆地交接处有许多深度超过6 000米的海沟。大洋中脊位于洋底中央，基部至顶部平均高1 500米，总长度超过6万千米。海洋水面温度平均17.4℃，赤道地区平均28℃，南、北极地区平均−1.9℃。浅于100米处海水温度变化大，深于500米处海水温度变化小。海水盐度平均约34.7‰。海水总体积约13.38亿立方千米。海洋具有丰富的渔业、矿产和能源资源。海洋是军事活动的重要场所。与陆地飞行相比，海上飞行具有很多特点，如天地线不分明容易产生错觉；受潮汐影响，岛屿和海岸线形状不固定；海上飞行规定、公海飞行规则、舰船识别方法及海空联络规定多；海上迫降和救生难度大等。为提高航空兵技术战术水平和适应能力，世界上许多国家都把海上飞行训练作为重要的必飞内容之一。　　（范国安）

hai'an

海岸　(seacoast)　海水面与陆地接触的地带。在地质构造和地壳运动的基础上，长期经受潮汐、海浪、近岸流、生物和气候等因素的作用逐步形成。按照海岸的物质组成，一般分为沙质海岸、淤泥质海岸、岩石海岸和生物质海岸等。沙质海岸沿岸分布有海滩、沙嘴、沙坝等地貌；淤泥质海岸沿岸地势低平，泥滩宽阔；岩石海岸又可分为侵蚀海岸和断层海岸。侵蚀海岸岸线曲折，岸滩狭窄。断层海岸岸层走向与断层线一致，岸线平直，海岸陡峭；生物质海岸有红树林海岸、芦苇海岸、草丛海岸和珊瑚海岸等。中国大陆海岸北起鸭绿江口，南到北仑河口，长1.8万多千米，加上6 500多个岛屿海岸，总长3.2万多千米。海岸对飞行有利有弊，奇特的海岸形状及海水与陆地之间的明显色差是飞行的重要地标，而海岸线效应对飞机无线电航行有一定影响。　　（范国安）

haiwan

海湾　(gulf)　海洋伸入陆地并具有独特水文性质的部分水域。通常以湾口附近两个对应海角的连线，或以选定的某条等深线作为海湾的最外部界线。由海水淹没山间洼地、河谷或构造破碎带等多种原因形成。不少海湾湾口有岛屿或群岛，形成一条或多条海峡与海或洋相通。多数海湾和与之相连通的海或洋可进行水量自由交换，只有锡瓦什湾海水单向流入。湾口宽大海水较深的大海湾水文特征和水生物等与海洋基本相同。宽度和深度逐渐向湾顶减小的海湾容易形成涌潮，如加拿大东岸的芬迪湾，潮差21米，为世界第一；中国杭州湾的“钱塘潮”，潮差8.9米。狭长而水浅的海湾遇风暴时容易形成暴风涌浪。湾口狭窄的长海湾，不利于海洋与海湾交换海水，容易淤积。在较封闭的海湾内风浪较小。潮湿气候区内的海湾，受河流影响，海水咸度相对较小。干旱地区的海湾，海水咸度相对较大。世界上最大的海湾依次是孟加拉湾(217.2万平方千米)、墨西哥湾(154.3万平方千米)、几内亚湾(153.3万平方千米)、阿拉斯加湾(132.7万平方千米)。海湾对沿海国具有重要意义，国际法规定了海湾划入有关国家领海的原则。海湾在军事上具有重要意义，多数海湾都建有军事基地。海湾地形随着潮汐变化而时有改变的特点及海岸线效应对飞行有一定影响。　　（范国安）



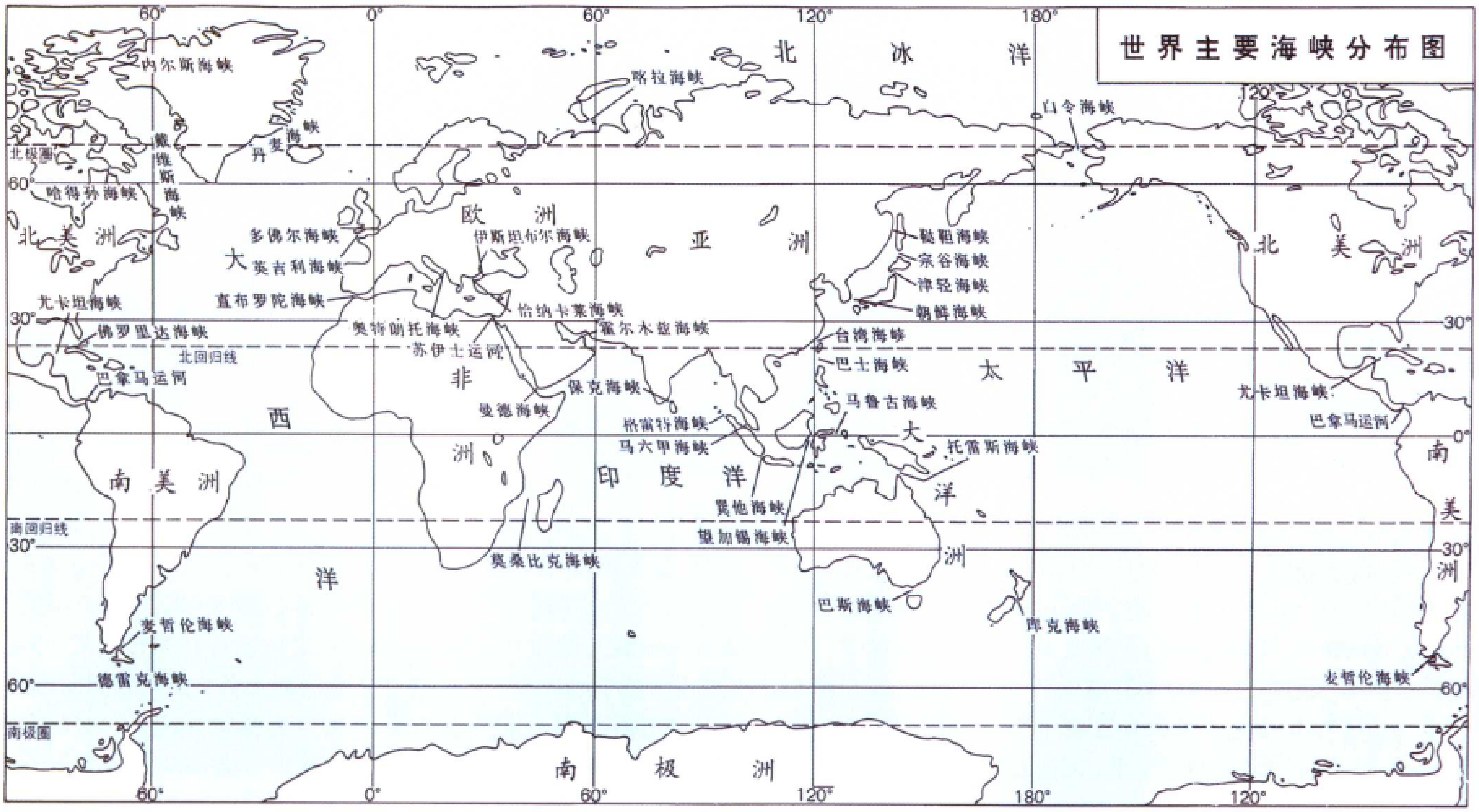
澎湖列岛的马公湾　　徐佑珠摄

haixia

海峡　(strait)　两块陆地之间连接两个海或洋的狭窄水道。通常位于两块大陆、大陆与岛屿或岛屿之间。海峡大小、深浅悬殊。长度从几百米到千余千米，宽度从几百米到几百千米。世界最长的海峡为莫桑比克海峡，达1 670千米；最宽、最深的海峡为位于南美洲南端



对马海峡　　孙毅夫摄



与南极洲南设得兰群岛之间的德雷克海峡，宽970千米，深5 248米。海峡按成因分为：①天然海峡。由地球大陆漂移、地层陷落、裂谷扩张、冰川磨蚀、大陆沉降、海底扩张和岛屿生成等原因形成。②人工海峡。由人工开凿沟通两侧海洋的运河，如苏伊士运河、巴拿马运河等。全世界海峡中，适宜于航运的有130多个，航运繁忙的有40多个。马六甲海峡是亚洲、非洲和欧洲海上航运最重要的洲际海峡。霍尔木兹海峡是波斯湾进入印度洋的唯一通道。台湾海峡是中国最长的海峡。海峡是海上交通要冲，在军事上具有特殊意义。战争中，海峡通常是交战双方争夺的重点。一些国家为维护海峡权益和保护海上交通运输安全，都在海峡沿岸建立军事基地，修建军用机场，以控制和利用海峡达成军事目的。 （范国安）


恰纳卡莱海峡(达达尼尔海峡)

lingtu

领土 (territory) 国家主权所及的全部疆域。包括领陆、领水、领空，以及领陆与领水的底土组成的立体结构。领陆，指国界以内的陆地部分；领水，指包括内水和领海在内的水域；领空，是领陆和领水上空的大气层空间。领陆和领水的底土，是国家领土当然组成部分。领土是构成国家的基本要素之一，是所属国人民赖以生存和发展的客观环境及行使主权的地理空间。国家领土所处的地理位置、地理特征、自然资源及社会资源等，对国家的发展和战争能力有重要影响。

领土形成在奴隶制国家的产生和发展过程中，奴隶主阶级最高统治者国王拥有对全国土地占有及管辖权。在近代国际法形成时期，殖民主义、帝国主义疯狂地进行领土的掠夺，并将领土视为君主的个人财产。随着有关领土国际法的确立和逐步完善，各国国界的划定，领土的范围和地位已逐渐得到世界公认，但仍然存在着两国或数国对某一领土的争端，主权国领土变更的情况时有发生。主要原因有：战争；国内民族自决；两国平等协商；恢复国家历史性权利或失地；自然或人为作用而造成的领土增减等。地球上除公海和南纬60°以南的南极地区外，都已分别成为世界各个国家拥有的领土。国际法和国际条约明确规定，南极大陆、公海、国际海底区域、外层空间、月球和其他天体为世界公有，任何国家不得谋求其领土权。

国家领土在地理形态上有整块型和分散型，一般内陆国家整块型较多，有的沿海国家及群岛国家为分散型，有的国家还在别国领土内有飞地。不论哪种形态，一国领土的各个组成部分，均应处于国家主权的统一管辖之下。国家对其领土内的人和物具有管辖权。国家对本国领土享有绝对所有权，对领土的主权是国家主权的重要内容和体现，领土主权和领土完整是国家独立的首要标志。联合国宪章规定，会员国在国际关系中，不得使用武力或用武力威胁侵犯任何国家的领土完整或政治独立。国际法对国家领土主权实行一般限制，如每个沿海国家应允许外国船舶在其领海内无害通过，

各国可缔结双边或多边协定，提供民用飞机进入或通过本国领空和在本国机场降落起飞的便利。主权国有义务防止任何人利用其领土作有害他国的行为，如污染邻国空气和水源；利用其领土作为对邻国进行颠覆或其他犯罪活动的基地等。主权国家的领土，在受到他国武力侵占时，有行使自卫的权利。（李国强）

linghai

领海 (territorial sea) 沿海主权国(或群岛国)家的陆地领土及其内水(或群岛国群岛水域)以外相邻接的一定宽度的海域。国家领土的组成部分。国家主权及于领海的海床、底土及其上空。

18世纪初，法学理论按当时大炮射程可达3海里的距离，形成领海宽度，后被当作国际惯例。19世纪后半叶，随着武器射程的增大，很多沿海国为保护本国的安全和利益，相继宣布增大其领海宽度，有4～200海里不等，但多数国家宣布其领海宽度为12海里。1982年《联合国海洋法公约》规定，“每一国家有权确定其领海的宽度，直至从按照本公约确定的基线量起不超过12海里的界线为止”。1958年9月4日，《中华人民共和国政府关于领海的声明》宣布，中国领海宽度为12海里，领海基线采用直线基线，一切外国飞机和军用船舶未经中华人民共和国政府的许可，不得进入中国的领海和领海上空。

领海基线至领海线之间的海域为领海的范围(见示意图)。领海基线是测算领海宽度的起始线，有正常基线和直线基线。正常基线，也称低潮基线，即沿海国官方承认的大比例尺海图所标明的沿岸低潮线，多为海岸平直的国家所采用；直线基线，是在大陆沿岸和海岸外缘岛屿上选定适当的点作为基点，将相邻基点用直线连接起来所形成的折线，多为海岸线曲折或紧接海岸有一系列岛屿的国家所采用。领海线，是指领海的外部界



领海示意图

限，一条与领海基线平行、间距等于领海宽度的线。

领海作为一国主权管辖下的水域，处于国家领土的边缘，对国家安全和海洋交通、海洋资源保护与开发，以及海军基地的建设与发展等都有重要影响。国家的领海位置、宽度、走向及其地理环境和交通状况，是国防建设的地理依据和国家军事地理研究的重要内容之一。（李国强）

lingkong

领空 (territorial air space) 主权国家领陆和领水上空的大气层空间。国家领土的组成部分。国家对其领空实施完全的管辖和控制，有权禁止或准许外国航空器通过或降落。领空是国家进行空中航行和运输以及保卫国家领土主权与国家安全的重要领域。

国家对其领空享有绝对主权，1919年缔结(1922年生效)的《巴黎航空公约》和1944年缔结的《国际民用航空公约》规定，用于军事、海关和警察部门的国家航空器，只有经过国家间的特别协定或许可才能飞越另一缔约国的领空或降落其领土。国家间定期的民用航空飞行，由双边协定规定。因军事需要或安全理由，主权国有权在其领空设立禁区，禁止其他国家航空器飞越。缔约国在战争或宣布紧急状态时，可自由决定不许外国航空器飞入其领空。《国际电信公约》规定，国家对其领土上空的无线电通信有完全管辖权。1958年《中华人民共和国政府关于领海的声明》和1979年中国民用航空局关于《外国民用航空器飞行管理规则》都规定：任何外国飞机，若不经过许可或不根据协定而飞入中国领空就是侵犯中国主权。

随着空间科学技术的发展，人类活动已越过大气层空间而达到了外层空间，从而使空中主权原则的适用范围受到了影响。关于外层空间的法律地位问题，多数国际法学专家主张外层空间不属于地面国家的主权管辖范围。但领空和外层空间的分界线尚待确定。（李国强）


国界界碑　王建民摄

guojie

国界 (national boundaries) 主权国家领土的地理空间范围的界限。包括地面国界线、领海线及其向上向下作垂直面，构成该国大气层空间和底土的界限。国界决定一个国家的存在空间，限定其行使领土主权的范围。具有相对的稳定性、确定性和不可侵犯性。国界通常以界碑、界墙、界桩、界牌、界塔、沟渠、运河、浮标、桥梁中间线等人造物；山脉分水岭、通航河流和海峡主航道中心线、不通航河流和海峡中心线、湖和内海中间线等自然地形特征；两个固定点间所连直线；地理经纬线；或依接壤国双方选择的某种线等多种形式标定。它对于维护领土完整，巩固国防，保卫国家经济建设及公民的生存和安全，控制和管理与境外人员的接触和往来以及经济、文化等方面的交流，保持相邻国家间正常关系至关重要。（李国强）

dibiao

地标 (ground reference) 具有明显特征，易于从空中识别的地物和地貌。分为点状地标、面状地标和线状地标。点状地标一般指居民点、湖泊和水库、非林区的小树林、交叉路口、桥梁等；线状地标指铁路、公路、河流、海岸线等；面状地标指大城市、大湖泊、大水库、单独的大片森林、山岳、机场等。地标主要用于飞行中判定航空器位置，测定领航数据和辨认目标。航空兵领航所利用

的地标，必须是从飞机上看得清楚、在飞行地图上有明显标识的地物。

（李国强）

gonghai

公海　(high seas)　沿海主权国家管辖的内水、领海、专属经济区或群岛国的群岛水域以外的海域。全世界公海面积约为6 700万平方海里，占世界海洋总面积的64%左右。按照国际法，公海是全人类的共同财富，供所有国家平等地共同使用，任何国家都不得对公海的水体、海床、底土及其上空的任何部分施行法权或军事有效占领。1982年《联合国海洋法公约》规定：公海对所有国家开放。各国均可平等地享有航行自由、飞越自由、铺设海底电缆和管道自由、建造国际法所容许的人工岛屿和其他设施的自由、捕鱼自由、科学研究自由。公海法律制度具有调整国家之间各种航海、商业和渔业活动，以及开发和利用公海资源等作用。各国在行使公海自由权时，应遵守海洋法和其他国际法规则，应考虑其他国家的利益。

（李国强）

kongjian

空间　(space)　一切物质存在和运动所占的地方。从空军地理角度研究的空间是指地球表面之上大气层内及大气层外的范围。分为空气空间与外层空间两个层次。

空气空间为地球周围稠密大气影响的区域，即地球大气圈的对流层与平流层，高度0~55千米左右。该区域为飞机航行的活动场所，通常称之为航空空间。但随着武器装备的发展，出现了弹道导弹、航天飞机等能够从较低的大气层进入外层空间活动的系统，因此该区域已不只是航空兵器的活动场所，同样也是弹道导弹及各种航天兵器的重要存在环境。

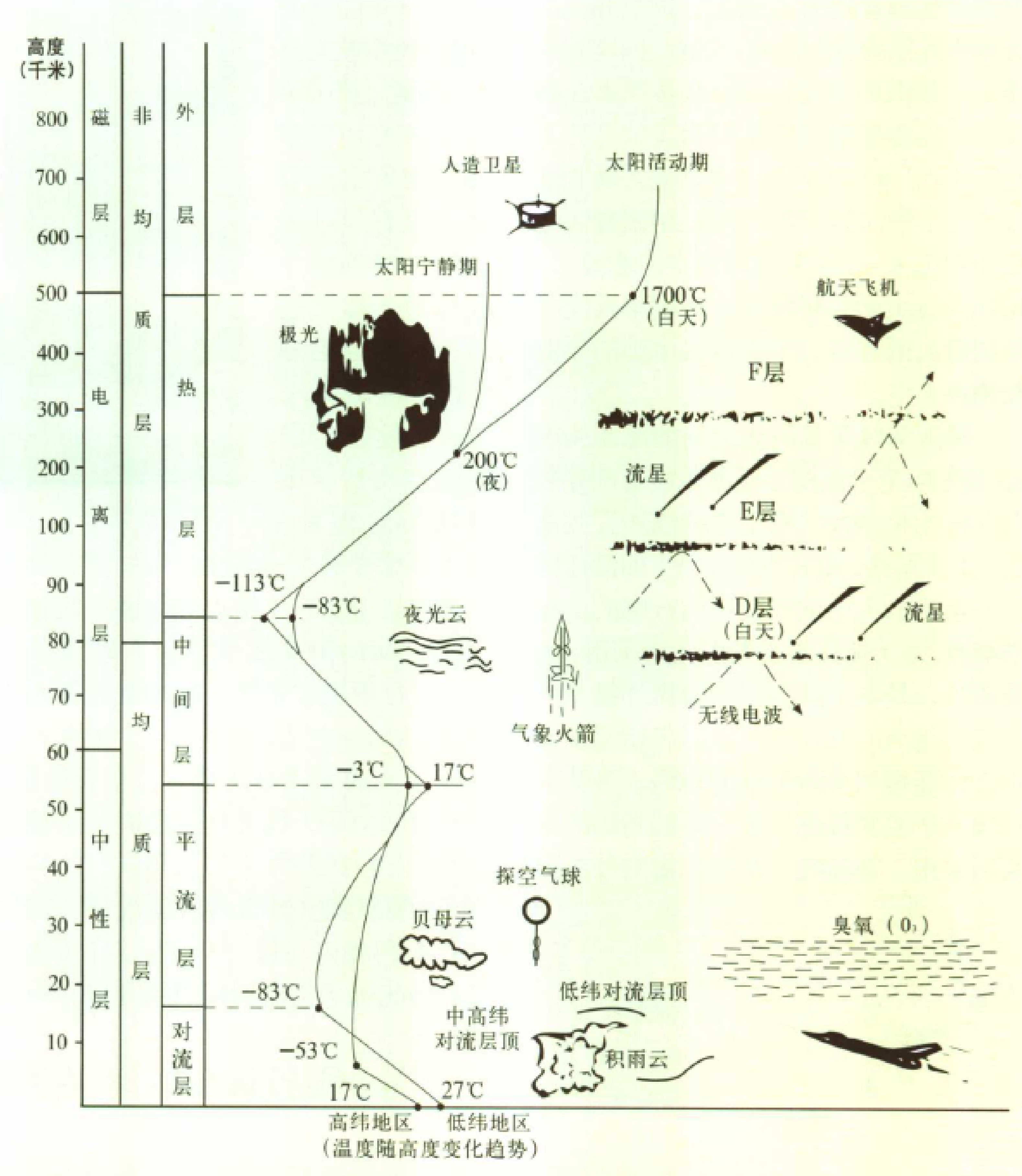
外层空间为地球稠密大气影响以外的空间，即地球大气圈的中间层以上的空间范围。此区域为人造卫星、空间平台、空间站、航天飞机等空间飞行器的飞行活动空间。外层空间与有关空间技术国际公法的称谓是一致的。

对于外层空间是否属于地理范畴的问题存有不同的见解。一般认为，外层空间应属于地理(特别是军事地理)的研究范畴，主要理由：①地理环境通指存在于人类活动空间的地理诸因素。随着人类活动空间的不断扩大，人们的认识不断深化，已逐步地认识到外层空间是人类除陆地、海洋和大气层之外的另一个生存环境，具有极为重要的军事和经济价值。从发展的眼光看，与人类外层空间活动相互关联的环境因素应列入地理环境之中。②地理环境是在天文因素的影响下，在地质条件的基础上，在来自地球内部的内能和主要来自太阳辐射的外能的共同驱动下发生和发展起来的，使得地理环境不仅在空间上具有明显的地带性，而且在时间上具有明显的周期性。人类在外层空间军事应用涉及的空间范围与太阳系内大约几十亿千米范围相比是很小的，并没有超脱出地球行星系的范围。应从更广泛的角度全面认识天与地的辩证统一关系。③人类在外层空间所建立的各种军事系统日益强化，已成为支援地面军事活动的重要手段，预示着外层空间将成为新的作战领域。人类在外层空间的军事部署是人类相互竞争的一个侧面，是人类进行高技术战争的一个有机组成部分。人类进行的太空军事活动仅是对地球上军事活动的一个重要补充，其立足点仍是维护各国在地球上的国家利益。

（李国强）

kongqi kongjian

空气空间　(air space)　包围地球的空气层。亦称大气圈。又称为航空空间。由氮、氧、氩为主的多种气体混合组成，总质量约 5.14×10^{18}千克。其底界为地面，大气密度随高度增加而减小，约99%的大气质量集中在30~35千米以下，2 000千米以上大气极其稀薄，逐渐向外层空间过渡，无明显上界。空气空间能供给人类和动物呼吸所需的氧气与植物光合作用所需的二氧化碳，使生物免受来自太阳的有害辐射，地球免遭流星陨石的撞击，地球上得到的太阳热量不易散失和温度不致变化过大过快。空气空间中的各种物理特



大气圈垂直分层示意图

性、天气现象及其异常变化对人类的生活和生产活动都有影响，也是影响军事行动的全球地理因素。

空气空间经历了三代演化过程。第一代大气与地球同时形成，称为原始大气，亦称星云大气，以氢和一氧化碳为主，也有人认为以氢、氦为主，只存在数千万年。大约在距今45亿～20亿年之间，由于地球的造山运动和火山活动，地球内部的气体排出地表，形成了第二代大气，即次生大气，以甲烷和氢为主，还有一定量的氨和水汽等。次生大气转化为现代大气，是随着生命与生物的出现，大气中氧气含量逐渐增加，至新生代时期形成的，其成分已与现代大气相近。

空气空间大致分成边界模糊的5层（见图）：①对流层。大气圈底部空气对流运动显著的气层。气温随高度增加而降低，其递减率平均每千米6.5℃。对流层的厚度随季节和纬度而异，一般低纬度地区平均约16～18千米，中纬度地区平均约10～12千米，高纬度地区平均约8～9千米，夏季对流层较冬季厚。对流层与平流层之间是一个厚度为数百米至一二千米的过渡层，称对流层顶。对流层顶附近温度递减率突然变小，对垂直气流有显著的阻挡作用，上升的水汽、尘粒多聚集其下，能见度往往较差。在中纬度和副热带地区的对流层顶下部常有急流存在。对流层常产生云、雨、雪、雷电等复杂的天气现象，对人类生活和军事行动，特别是航空器的飞行有较大的影响。②平流层。对流层顶向上至50～55千米高度盛行平流运动的气层。由于臭氧对紫外辐射的吸收作用，温度随高度的增加而升高，至平流层顶，气温约升至-3～17℃。平流层内空气多作水平运动，对流微弱，气流比较平稳，能见度较好，但空气稀薄，使飞机机动性能变差，适合高性能的飞机飞行。③中间层。平流层顶向上至85千米左右的大气层。由于臭氧减少，且氮、氧等气体所能吸收的更短波长的太阳辐射已被上层大气吸收，气温随高度的增加迅速递减，在距地表80～85千米的中间层顶，年平均气温约-83℃。中间层有相当强烈的垂直对流，有时出现夜光云。④热层。中间层顶向上至250～500千米的大气层。热层大气直接吸收太阳辐射，使温度随高度的增加而增高。白天气温最高可达1 700℃，夜间最低也有200℃左右。该层空气稀薄，处于高度电离状态，能反射无线电波，对远距离无线电通信有重要的作用和影响。⑤外层。又称散逸层，是热层以外的大气层。该层空气十分稀薄，温度可达数千度，大气粒子很少互相碰撞，有些速度较大的中性粒子能克服地球引力而逸入外层空间。根据大气的电离特性，空气空间还可分为中性层、电离层和磁层。中性层位于地表至60千米高空之间，主要由中性气体组成，带电粒子少；磁层始于地表以上500～1 000千米处。

空气空间按其空气成分又可分为均质层和非均质层。均质层是主要大气成分及其间比例基本不变的大气层，位于地面到大约85千米高空之间，85～110千米左右的大气层为均质层顶。非均质层是大气各成分及其间比例随高度变化的大气层，位于大约110千米以上。

空气空间不仅作为一个整体随地球一起转动，而且有相对地壳的复杂运动，形成千变万化的大气现象。由于火山爆发、工业污染增多、大面积森林砍伐等自然和人为因素的影响，使空气空间物理特性及其分布规律发生异常变化，形成有利或不利于人类生产和生活活动的大气环境，以及影响军事行动、武器装备使用的大气条件。核武器、火箭、导弹和航空、航天技术的发展，对高层大气的风、密度及其他物理特性等的研究提出了更高的要求。随着大气探测科学技术的发展，人们对大气物理特性、变化规律及其影响的研究在不断深化，加深和丰富着对空气空间的认识，增强对其利用的能力。　（李国强）

hangkong kongjian
航空空间　(aerial space)　见空气空间。

waiceng kongjian
外层空间　(outer space)　地球大气层以外的空间。亦称太空或宇宙空间。由存在其中的各种天体、弥漫物质和广漠的空间所组成。外层空间从地球大气层上界向外无限延伸，按其所处位置，可分为太阳系以内空间和太阳系以外空间。地球的自转和公转，以及与太阳系和银河系的相对运动，各国上空的外层空间在瞬息变动，难以成为地面国家行使主权的范围，其界限在国际上无明确规定。外层空间对地球环境和人类生存有重要影响，1957年苏联人造地球卫星发射成功，开辟了人类探索宇宙和地球邻近天体的新领域。中国已成功发射了各类人造卫星和航天飞船，2003年10月16日，"神州五号"载人飞船发射成功，标志着中国在探测外层空间方面正向新的领域发展。

为调整探索和利用外层空间引起的种种国际问题，1967年根据联合国通过的决议，签订了《关于各国探索和利用包括月球和其他天体在内的外层空间活动所应遵循的原则条约》，是各国开发和利用外层空间的基本原则和基础。中国于1983年12月加入该条约。

（李国强）

yuzhou kongjian
宇宙空间　(astrospace)　见外层空间。

waiceng kongjian feixing huanjing
外层空间飞行环境　(flight environment in outer space)　航天器在外层空间飞行时的环境条件。截止21世纪初，人类所发射的航天器还只能在太阳系内空间活动。

太阳系内空间可分为行星际空间环境、地球空间环境和其他行星空间环境。①行星际空间环境。是一个广阔的极高真空环境，受太阳活动的影响，也受太阳电磁辐射、太阳宇宙线、太阳风和行星际磁场，来自宇宙的银河宇宙线和微流星体等影响。太阳电磁辐射是太阳连续发射的波段范围很宽的电磁辐射；太阳宇宙线是太阳活动激烈时爆发出的高能粒子流，主要成分是质子和电子；太阳风是太阳连续发射的等离子体流，主要成分是质子和电子。在地球轨道附近，太阳风的平均速度约为468千米/秒。电子和质子的密度约为8.7个/厘米；行星际磁场是太阳磁场随太阳风向行星际空间延伸而形成的磁场，具有螺旋线状外形和扇形结构；银河宇宙线是来自银河系的高能粒子流，大部分是质子，其次是α粒子。这些粒子能量很高，但通量很低，对航天器的影响很小。微流星体是指在行星际空间高速运动的固体微粒，其直径大多在1毫米以下，质量在1毫克以下，相对于地球的平均速度为10～30千米/秒；微流星体对航天器表面有沙蚀作用，对光学表面和太阳电池等有一定影响。太阳系各行星间的空间，其半径距太阳约60亿千米，中间存在着行星际磁场低密度的等离子体、各种波长的天体电磁辐射和不同能量的粒子辐

射,以及来自外界的银河宇宙线和微流星体等。②地球空间环境。是指地球周围的空间环境,主要包括地球高层大气、电离层和磁层,也存在着太阳电磁辐射、太阳宇宙线、银河宇宙线和微流星体等。地球大气的密度和压强随高度的增加按指数规律迅速下降。地球电离层是指地球大气的部分电离区域,高度范围在60～1 000千米。地球磁层是指在地球周围被太阳风包围并受地球磁场控制的空间区域。磁层中存在着大量的等离子体和大量的高能带电粒子,对航天器的安全有一定的影响。③其他行星空间环境。是指地球以外其他行星周围的空间环境,主要包括行星大气、行星电离层和行星磁层等。水星、金星、火星、木星和土星的空间环境已有空间探测器的直接探测资料。这些行星空间也存在着太阳电磁辐射、太阳宇宙线、银河宇宙线和微流星体等。

(李国强)

hangkong dili yaosu

航空地理要素 (aviation geographic elements) 影响和制约航空器活动的必要地理因素。主要包括时间、空间、地貌、气象、社会、军事等。这些要素直接或间接作用影响着航空器活动。

时间 指时刻、时期、季节等。航空器的飞行时间可分为昼间、夜间、黄昏、拂晓等。昼间能见飞行时,地面目标比较清晰,便于观察及判断飞行状态和确定飞行位置。夜间飞行时,则需要根据仪表操纵飞机和保持飞行状态,按灯光点和领航仪表判断飞行位置,飞行员消耗精力大,容易产生错觉。

空间 指在空气空间的地理位置、地理分布、空间范围。如机场的位置、距离以及飞行空域、空中航线、航路、空中走廊、空中禁区的高度、宽度、距离等。空间因素对航空器的飞行有着较大的限制作用,飞行人员在飞行前要认真研究和熟悉相关资料,飞行中要严格执行航线或空域飞行的有关规则。

地貌 包括山地、丘陵、平原、高原、沙漠、海洋、河流、湖泊等地貌形态。不同的地貌对飞行具有不同的影响,如在山区飞行时由于地形复杂,判断位置困难,天气多变,气流扰动较强烈,导航设备的有效工作距离缩短,飞行员应正确选择飞行高度和航线,严格保持在安全高度以上飞行,尽量避开险峻山口和避免进入山谷;正确判定和区别山脉和山峰,充分利用突出的山峰、湖泊等明显的目标,确定飞机的位置和进入目标区。在海上飞行时,由于天地线不易分辨,目测高度、距离困难,缺少地标和导航设备,天气变化不易掌握,遇到特殊情况处置较复杂。进入海上飞行前,飞行员必须熟练掌握暗舱仪表驾驶技术和无线电领航技术,熟记海岸线及岛屿的形状特征,按规定穿带水上救生装备,熟悉特殊情况的处置方法。在荒漠上空飞行时,地标缺少,不易判定方位,主要靠仪表飞行,飞行员持续地集中精力观察仪表,容易疲劳,易产生错觉,需正确分配注意力,及时、柔和、准确地操纵飞机,并熟知仪表故障及产生错觉的处置方法,按规定穿带沙漠救生装备。

气象 主要包括气温、气压、湿度、风、能见度等要素和雾、雨、雪、雷暴等天气现象。对飞机及机载设备的结构、性能、操纵、使用等方面产生影响。如地面大风影响飞机起降,低云和恶劣能见度直接障碍目视操纵,大雨雪造成跑道积水、积雪或积冰,低空风切变直接导致事故。在复杂的气象条件下,天气变化大,特殊情况处置复杂,飞行员精力消耗大,易感疲劳,容易产生错觉,需加强在复杂气象条件下的飞行训练,并注重在飞行前详细研究有关气象资料。

社会 分为人文、经济、交通运输、通信、城市等。在飞机活动区域的城市或居民地的面积大小、人口多少,民用机场、铁路、公路、水路等交通网现状,当地经济的发展状况,通信、电台的布局及功率等社会因素,都对飞行产生一定的影响,要充分研究其利弊因素,在实施飞行中趋利避害。

军事 主要指兵力、兵器的布设现状,预设战役方向和预设战场,国防工业和国防工程布局,军事设施和军事要地,不同等级的军用机场等。不论平时战时,军事因素都存在,并在一定程度上影响和制约着航空飞行。如在一些重要军事设施或基地上空被划定为禁飞区,战时若不注意选择航线,飞机容易进入敌方的防空区等。航行前需认真进行研究和选择。

地理要素对飞行的影响往往是综合性的,应全面考虑,综合进行分析。

(李国强)

jichang biaogao

机场标高 (airfield elevation) 以机场主跑道中线的中点为基准的海拔高度。是设计跑道长度的重要依据。海拔高度亦称高程、真高、绝对高程,即地面点至高程基准面的铅垂距离。一个国家只能采用一个平均海水面作为统一的高程基准面,中国采用1987年由国家测绘局颁布的“1985国家高程基准”,根据青岛验潮站1952～1979年验潮资料计算确定的水准原点高程为72.260米,作为中国统一的测量高程基准。

(郑汝海 陈立新)

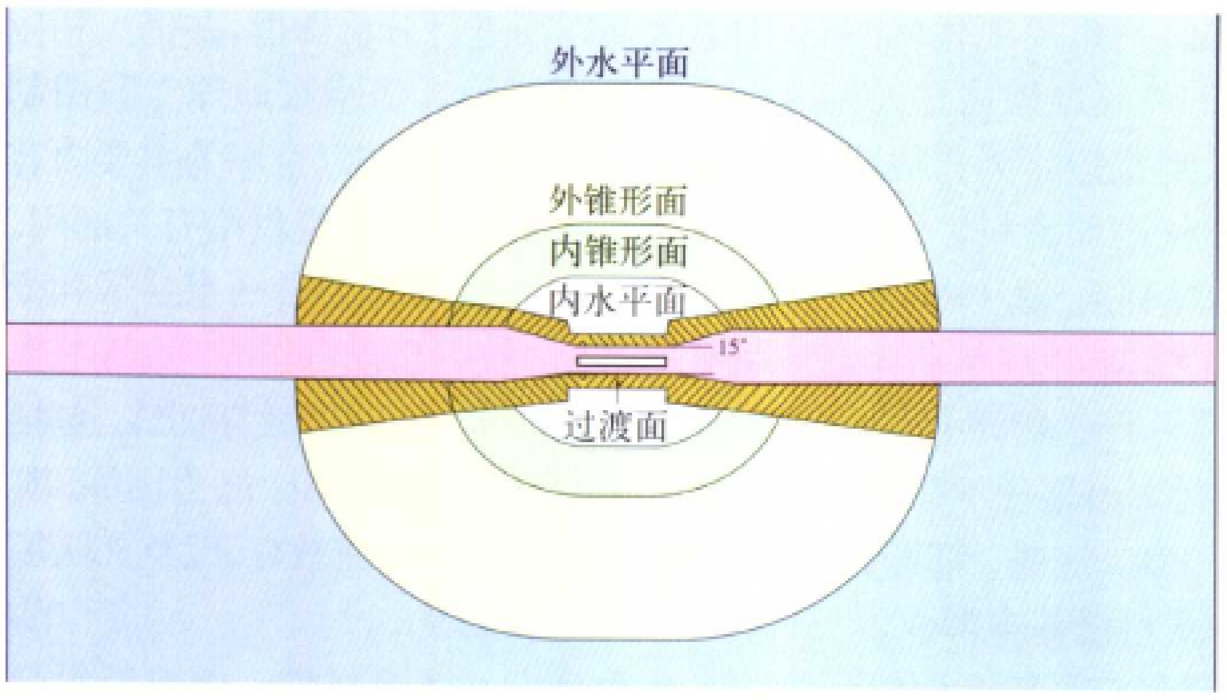
jichang jingkongqu

机场净空区 (airfield cleared area) 为保证飞机起飞、着陆和复飞的安全,在机场周围划定的限制地貌和地物高度的空间区域。通常由升降带、端净空区和侧净空区组成(见图)。其范围和规格根据机场的等级确定。

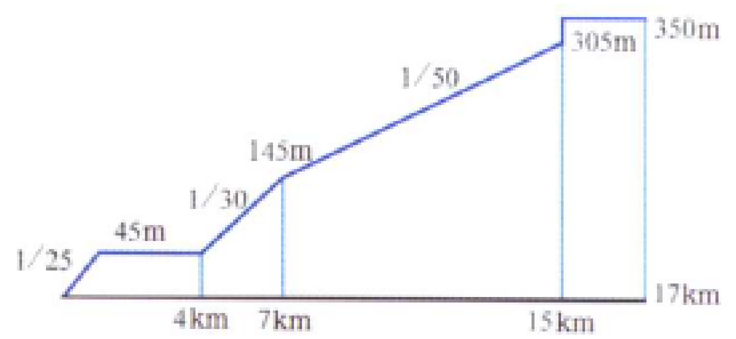
升降带 以机场跑道中线为准,两侧各规定距离处的跑道中线平行线和两端各规定距离处跑道中线水平延长线的垂直线所构成的场地。升降带上不应有对飞机活动构成危险的物体。

端净空区 从升降带端线的两端开始,与升降带边线水平延长线以水平面要求的扩散率扩展至规定距离,并以此宽度延伸到机场净空区边线所构成的限制物体高度的空间区域。障碍物限制面起算高程为跑道端中点高程。

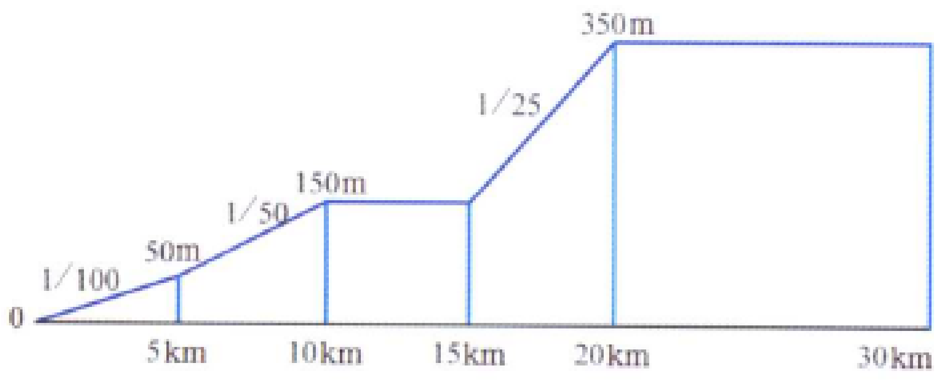
侧净空区 从升降带和端净空区限制面边线开始,至机场净空区边线所构成的限制物体高度的空间区域。障碍物限制面由过渡面、内水平面、锥形面和外水平面组成。①过渡面。从升降带和端净空区限制面边线开始,按要求坡度向上向外倾斜,直至与相应的内水平面、锥形面和外水平面相交。升降带两侧过渡面起算点高程,采用跑道中线处距该点最近的高程;端净空区两侧过渡面起算高程为端净空区限制面边线上的高程。过渡面的坡度必须在与跑道方向垂直的平面中度量。②内水平面。从过渡面的外边线开始,水平向外延伸,直至与锥形面相交。其交线中点在内水平面延伸内的投影点为圆心、按规定半径作的圆弧和与圆弧相切并与跑道方向一致的直线组成。起算高程采用跑道两端中点高程较低者。



a 机场净空平面图



b 机场侧净空剖面图



c 机场端净空剖面图

机场净空区示意图(以一级机场为例)

③锥形面。从内水平面的外边线开始，按规定坡度向上向外倾斜，直至与外水平面相交。其交线由以升降带端线中点在外水平面延伸面内的投影点为圆心、按规定半径作的圆弧和与圆弧相切并与跑道方向一致的直线组成。锥形面的坡度必须在与内水平面周边成直角的垂直面中度量。④外水平面。从锥形面和端净空区两侧过渡面的外边线开始，水平向外延伸，直至机场净空区域边缘。

(郑汝海　陈立新)

hangxian

航线　(air route)　见飞行航线。

hangduan

航段　(route segment)　见飞行航段。

tiandixian

天地线　(horizon)　地平面或海平面与天穹似乎相接的边线。又称地平线。天地线分为真天地线和可见天地线。天文学中把天球与垂直于铅垂线的平面的交线定义为真天地线或数学天地线。以观察者视线为基准的视平面与天穹的交线叫可见天地线。可见天地线的距离(用 d 表示)，即观察者在地球表面能见到的最远点的距离，取决于观察者高出地平面和地貌的高度(用 h 表示)，计算公式为：d(千米)$=3.83\sqrt{h}$(米)。高度越高，看到的天地线距离越远。天地线的形状和清晰程度主要受大气透明度的影响。在能见度较好的白昼，从开阔地或空中观察，天地线呈线状，轮廓清晰；在能见度较差的大气条件下，天地线比较模糊。目视飞行中，天地线是判断飞机飞行状态的重要基准线。飞行员可以根据天地线与飞机某些特征部件(如机头、风挡框等)的相对关系位置及其变化，判断飞机的飞行姿态和姿态变化，并实施飞行操纵。当天地线相对于机头的位置靠下，表明飞机仰角大；天地线向下移动，表明飞机作上仰转动；天地线向左下方倾斜，表明飞机带右坡度。根据天地线与飞机之间的相对位置判断飞机的飞行姿态，形象直观，没有时间延迟误差，是简单气象条件下进行目视飞行的重要依据。

(王旭东)

kongzhan dilixue

空战地理学　(air warfare geography)

研究航空兵空中作战与地理环境关系的学科。是空军地理学的重要组成部分。主要任务是探求地理环境对航空兵空中作战的影响和空中作战对地理条件的运用规律，为空中作战的准备和实施提供科学的地理依据。

主要内容　①制定航空兵空中作战计划时所需的各种地理要素和地理环境。空军在制定航空兵战略、战役和战斗行动计划过程中，需要对预定战场的各种地理因素进行综合性研究。应根据不同作战方向和战场范围的大小，有重点地研究不同的地理要素。如主要突击方向选择，不仅要考虑作战意图、敌情、战法等因素，地形、天候等地理条件也是重要方面。一般要求，主要的空中突击方向应选在敌人防空火力较弱、便于隐蔽企图、便于集结空中力量和飞行航线较短的方向。②空中作战战场准备的地理研究。预设空战战场的规划、建设和管理，需要在认真研究地理环境的基础上进行。战场建设中重要的机场网、指挥引导网、雷达情报网、通信网、气象网、防空阵地网、技侦情报网、兵器修理网、后勤保障网等的规划建设均与地理环境有着密切的关系。在工程定点、设计、施工、竣工后的维护和使用等方面，都需要依据地貌、气象等地理要素进行周密细致的规划与实施，从而创造有利于空战的战场条件。③作战目标选择中的地理要素。在考虑目标的政治、军事和经济价值的基础上，要考虑对目标的定位、识别和攻击方式，这些都离不开对目标所处地理环境的分析研究。④战场地理环境因素对航空兵力量使用的影响。在兵力兵器的质量上，要根据空战区地理环境的特点，选择比较适应于在该环境中作战的兵器和部队，才能充分发挥其特长；在兵力兵器的数量上，须考虑空战地域战场容量大小等地理条件。⑤航线和航行剖面选择的地理环境因素。选择适当的航线和航行剖面需要对空战地域的地理因素进行详细的研究，从而找出最佳方案。在低空、超低空作战时，不但应注意避开影响飞行安全的地形，还应利用有利地形造成的雷达盲区来隐蔽作战行动；云雾雨雪等天候因素不但会使能见度降低，而且影响雷达的探测距离，甚至造成气象干扰。正确选择出击航线，灵活变换航行剖面，利用云雾的掩护来隐蔽飞行，往往可以出奇制胜。⑥航空兵战法选择受地理环境限制的主要原因和对策。战法的选择与地形、天气等地理环境条件有密切关系。如强击航空兵突击地(水)面目标时，将受到云层高度的影响，如果目标上空有云或能见度不好，就不利于攻击。⑦作战时机选择受地理环境因素的影响及对策。尽管高技术的作战飞机已能在一定程度上克服气象因素对飞行的影响，但从高技术局部战争中的事例看，航空兵作战行动仍然要受到地貌、天候、气象等地理因素的影响，且不同的机种及武器装备所受的影响也不尽相同。因此对作战时机的把握，须根据作战需要，把地理

环境作为重要的因素，进行综合分析，找出适合航空兵作战需要的最佳时机。

简史 空战地理学以航空兵作战的地理研究和运用为特定的学科内容，是随着航空兵空中作战行动的出现和人们关于地理条件对空中作战行动影响规律的认识与总结，而逐渐形成和发展的。1911年2月的墨西哥内战中，开始了最初的空中战斗。当时飞机飞行速度慢、航程短，对机场位置和空战地区气象条件有较大依赖，人们开始了对空战地理的研究，从而产生了空战地理学的萌芽。之后，意大利的G.杜黑从战略角度对空战地理学进行了研究，在《制空权》一书中指出，空军能够克服山岳、河流、海洋、沼泽等地理条件对军事行动的障碍作用，能进行高空远距离飞行，袭击敌人地面目标、后方地区，破坏生产能力，恐吓其人民，摧毁其继续作战意志。第一次世界大战前期，随着装有固定式前射机枪的飞机问世，开始出现运用多种特技飞行动作的单机格斗样式。一战后期，法国、苏联、德国、英国等已建有飞行大队，出现过一定规模的编队空袭。地理环境对空战的影响已引起人们的关注。日本学者小川琢治在其1932年撰写的《战争地理学总论》一书中提出，战争地理学不但应包括陆战地理学和海战地理学，而且应包括空战地理学。第二次世界大战期间，由于参战国众多，作战地域广阔，地理条件复杂，迫使主要参战国加强了对空战区域地理环境的研究。此时，军队中已设有专门的部门对空战地理进行研究，并在此基础上制定空战计划和组织实施空战。20世纪70年代以来，随着航空技术的飞速发展，作战飞机的战术技术性能有了极大的提高，出现了空中加油机、隐身战斗机和隐身远程轰炸机、武装直升机、第三代乃至性能更高的第四代战斗机，实现了超视距空战。随着战争形态的发展，在高技术局部战争中以航空兵为主的作战样式，增强了对空战地理研究的需求。美军在海湾战争前，曾通过卫星侦察等多种手段认真分析研究了伊拉克和科威特境内的地理环境状况，为长达38天空袭作战的地理、气象保障打下了基础。在科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争中，由于主要使用航空兵实施空中打击，而更加重视了对战区内空战地理的研究和分析。美军使用卫星侦察、无人机侦察、特种部队侦察等现代化的侦察手段，获取大量的战区地理信息，并在作战过程中实施及时监控，为作战部队提供准确可靠的空战地理资料，保证了航空兵作战行动的顺利实施。1966年，美国佩尔蒂尔等著的《军事地理学概论》中专列“空战地理学”一节。1998年，中国庞书周主编的《现代军事地理学概论》中有“空战地理学”一章。这些，都标志着空战地理作为一个学科已基本形成。

发展趋势 随着现代空军高技术体系的不断发展，作战飞机在信息化、综合化、一体化和智能化技术的运用方面将会出现新的飞跃，通过数据链与战场上的C^4I系统及有关装备合成一体，成为信息化战争中的重要一环。空战地理学的研究内容和方式也必将发生新的变化，有关控制、战术、维护专家系统和信息的融合、显示、管理、战术的辅助决策系统等投入战场，将使空战地理信息系统更加完善，成为空战中地理研究的重要手段。随着作战飞机和航空武器向高信息化、无人机方向发展，以及航空和航天的无缝接合，将会导致空战理论的不断创新。而侦察和导航卫星的广泛应用，有关空中作战的地理保障将有新的特点和较大发展。空战地理学也将开辟新的研究领域，其基础理论和应用研究将有进一步扩展。（李国强）

kongjun dili baozhang

空军地理保障 (air force geographic support) 空军在其建设和运用活动中为认识、运用地理条件所采取的措施和相应活动的统称。以军事地理理论为指导，以空军在作战建设中的需求为依据，采用现代化手段，进行空军地理资料管理、区域地理环境分析与评价、提供空军地理信息等一系列工作。

主要内容 ①空军地理资料收集。建立收集空军地理环境信息与文献的渠道，并对收集到的地理资料进行加工、分类、处理与管理。建立空军地理信息系统，包括地理数据库、遥感图像数据处理、多媒体技术应用、环境仿真和环境辅助决策技术在指挥自动化中的应用，以及将这些技术集中在一起，采用地理模型分析法，适时提供空军活动中的多种空间和动态的地理信息。②地理环境研究。根据作战行动和作战指挥的要求，分别在战略、战役和战术层次上进行地理环境对空军作战行动的影响与作用进行分析评价，并提出相应的地理保障对策。③空军地理专题图制图。主要是设计和编制以空军为主要内容的地理专题图和图集，提供给有关部门。④航空图编制。主要编制普通航空图和专用航空图，供航空兵遂行作战、训练等飞行任务使用。⑤空军地理教育训练。包括专业人员的军事地理知识、能力训练，院校生长军官的军事地理教育，以及部队军事地理知识普及等。

主要特点 ①多样性。除有资料分析、区域研究、专题制图等常规手段外，还有航测、遥感和计算机技术手段。②超前性。除战时保障外，大量基础性工作要在平时结合战场建设及训练提前进行。③层次性。战争规模、级别的不同，地理保障的内容、重点也不相同。一般在战略、战役层次主要是以区域地理环境综合分析与评价为主，突出人文地理要素的区域地理分析；在战术层次，是以自然地理要素和人工地物为主要内容的地理分析。④动态性。高技术战争突然性和随机性较大，其过程具有不确定性，地理环境诸要素(特别是经济与人文要素)本身也在动态变化，地理保障内容必然具有相应的动态性。

保障原则 服从作战需要，平战结合，专业保障与群众性保障相结合，常规保障手段和高技术保障手段相结合。

（李国强）

kongjun dili ziliao

空军地理资料 (air force geographical information) 空军为其建设和运用活动需要编纂或制作的地理信息材料。是空军战场建设、武器装备研究和作战、训练等的地理依据，通常由空军作战保障部门，根据空军建设、战区规划或作战行动需要，采取多种手段进行资料收集、整理及分析，并按统一规定和要求编纂或制作而成。

主要包括：①军事地理志。从战略战役角度记述某一地区地理环境对空军活动影响的资料，如太平洋军事地理、中国军事地理等。②兵要地志。记述和评价某一地区地理条件及其对空军活动影响的一种地方志。是指挥员了解、判定战区地理条件和实施作战行动的地理依据。③空军地理专题资料汇编。由地形，道路与道路结构、内陆水系通航河段、铁路，沿海地域，城市，军用和民航机场情况等专题资料汇编而成。主要供各级司令部进行综合

或专题军事地理研究时使用。④空军地理图。着重显示与空军战役活动有关的地理环境或地理要素的一种军用地图。主要供空军指挥机关进行战役及其主要方向的军事地理研究时使用。⑤空军地理图集。反映某一地区对军事活动有影响的地理要素为主题的一种空军地图集，是空军领率机关研究战争全局、规划战场建设、拟定作战计划、组织战略战役行动和进行空军地理研究等的重要图件和资料。⑥航图。主要供航空兵组织空中作战和训练时使用。⑦空军地理声像资料。记述某一地区军事地理状况的电影和录像。主要供区域军事地理研究和情况介绍与分析时使用。⑧空军地理信息系统。利用计算机对空军地理信息进行采集、存储、检索、分析、显示和输出的技术系统，是空军进行军事规划、管理、分析研究和辅助决策的一种军事地理资料形式。

20世纪30年代中期，中国空军已经开始了空军地理资料的搜集和整理，有了较系统的全国机场和永久禁航区域的地理资料，航图也有了一定的发展。中华人民共和国建立后，随着人民空军的组建和作战的实践，空军地理资料建设也逐渐走向正规，并编纂和制作了多种形式的军事地理资料，成为空军建设的一项重要工作。 （李国强）

kongjun dili xinxi xitong

空军地理信息系统 (air force geographical information system) 空军建立的由计算机软、硬件所支持，对相关的军事地理信息进行采集、存储、检索、分析、显示和输出的技术系统。空军运用系统工程和信息科学理论进行军事规划、管理、分析和研究的工具。具有信息量大、更新及时、反应快等特点。主要用于军事训练、战场环境分析、军事基地规划、军事行动的准备与实施等方面。

空军地理信息系统以航空图数据库为基础，采用地理模型分析法，对地理空间数据进行输入、管理、查询，适时提供空军军事行动中的多种空间和动态的地理信息，直接为空军作战、训练的地理研究和决策提供服务。在高技术条件下的局部战争中，空军地理信息系统成为空军测绘保障的重要内容，不仅是简单的航空图数据库的管理系统，还包含了智能化的地理要素处理软件，具有地理数据分析功能，能全面反映有效地域内的动态情况，进行动态空间分析、地形分析，可辅助空军各兵种指挥员完整、准确、科学、快速地分析地理环境，为正确的决策提供科学依据。 （李国强）

空军要地

Beijing

北京 (Peking) 中华人民共和国首都，中央直辖市，战略要地，著名古都。简称京。位于华北平原西北边缘。辖东城、西城、崇文、宣武、朝阳、海淀、丰台、石景山、门头沟、房山、通州、顺义、昌平、大兴、怀柔、平谷16区，延庆、密云2县。面积17 020平方千米，人口1 382万(2000)。北京有文字记载历史已有3 000多年，最初称蓟。战国时为燕都。辽时为陪都，称燕京。金时为都城，称中都。元灭金后，迁都中都，改称大都。明初改大都为北平，永乐元年(1403)改北平为北京，北京之名自此始。永乐十九年至清灭亡(1911)北京一直为京师。1912年中华民国政府迁至北京，1928年国民党政府改北京为北平，设北平特别市，1930年改称北平市。1949年9月27日，中国人民政治协商会议第一届全体会议通过决议，定北平为首都并改称北京。

北京地处平原与山地交界地带，地势西北高东南低。东、北、西三面群山环绕，东南为平原。山地约占总面积的2/3，海拔500～1 500米，大海坨山海拔2 334米，为最高峰。中央电视台发射塔高405米，是市区最高建筑。平原约占总面积的1/3，海拔大部分在30～50米，最低处不足10米。较大河流有永定河、潮白河、温榆河、拒马河等。属暖温带半湿润季风气候，全年四季分明，春季晴朗、干旱、多大风；夏季炎热多雨，降水量约占全年的80%以上；秋季晴朗、日照充足；冬季寒冷干燥、少雨雪。年平均气温11.8℃，1月平均气温-4.3℃，7月平均气温25.9℃。年降水量600毫米左右。风向以北风为最多。能见度冬夏季较差，春秋季较好。

北京是中国政治、经济、军事、文化中心。工业主要有机械、化工、钢铁、汽车制造、纺织、电子、仪表、建材、食品、印刷业等，其他还有旅游、商业、金融、信息技术等支柱产业，是全国最大的消费市场和进出口岸之一。北京又是中国最大的科学文化中心，聚集了数百所科研机构和几十所著名高等院校。北京还是中国交通、通信中心，铁路有京哈、京沪、京广、京九等9条干线。公路成网，以市区为中心向外辐射。位于东北郊的首都机场是大型国际机场，已成为重要国际航空港。国内班机航线通往国内各重要城市，国际班机航线通往世界100多个国家和地区。此外还有西郊、南苑、沙河、通州、延庆、良乡等军用机场。中国人民解放军空军在昌平区小汤山建有亚洲最大的航空博物馆。位于西郊的空军指挥学院是中国人民解放军空军最高学府。北京是中国发展航空事业较早的城市之一。1913年，北洋政府在南苑建立中国第一所正规的航空学



故 宫 张肇基摄



北京天宁寺立交桥 郄宝义摄

校，存续15年，共毕业4期160余名学员。军阀混战时期建立过航空司令部。1928年北伐军攻占北京后，北京政府所有航空机构被南京国民党政府接收。1949年初北平和平解放后，中国人民解放军在南苑成立了第一个担负作战任务的飞行中队。中华人民共和国开国大典时，飞机编队通过天安门广场上空，接受了检阅。1949年11月11日，中国人民解放军空军领导机关在北京成立。（丁景民）

Shenyang

沈阳 (Shenyang) 中国东北地区最大重工业城市，战略要地，辽宁省省会。因坐落在沈水(今浑河)之北而得名。位于辽宁省中部。辖沈河、和平、大东、皇姑、铁西、苏家屯、东陵、新城子、于洪9区，辽中、康平、法库3县及新民市。面积12 922平方千米，人口677万(2000)。战国时为燕国重镇。三国时属魏。辽置沈州。元成宗大德元年(1297)改沈州为沈阳路，初创城廓。明洪武十九年(1386)设沈阳中卫。后金天命十年(1625)，后金可汗努尔哈赤自辽阳迁都沈阳，1634年改称盛京。1644年清朝迁都北京后，沈阳为陪都。顺治十四年(1657)设奉天府。1914年改沈阳县，1934年设沈阳市。日本侵占时期改称奉天，1945年恢复沈阳名称。1948年沈阳解放，为中央直辖市。1954年为辽宁省辖市、省会。

地处东北地区南部，辽河平原东部与长白山系龙岗山余脉西麓的交界地带，东倚长白山麓，北控松辽平原，西南通辽西走廊，南可直下辽东半岛。地势平坦，平均海拔50米，山地丘陵集中在东北、东南部，最高点庙台山海拔446.9米。主要河流有辽河、浑河、柳河、养息牧河、秀水河、蒲河、北沙河等。属中温带半湿润季风气候，年平均气温8.1℃，1月平均气温-11.5℃，7月平均气温24.5℃。年降水量约700毫米，多集中在7、8月份。能见度春季较好，其他季节较差，是影响飞行活动的主要气象要素。

沈阳是以机械工业为主的综合性工业城市，东北地区的交通枢纽和重要的航空工业基地。沈阳—山海关、沈阳—大连、沈阳—哈尔滨、沈阳—吉林、沈阳—丹东等铁路干线交会境内，其中沈阳—丹东线可通朝鲜。公路有国道、省道直通北京、河北、吉林、内蒙古等省市区和省内主要城市。民航有国际、国内班机航线通往北京、上海、广州及俄罗斯联邦伊尔库茨克、日本大阪、韩国汉城等城市。位于城东南的桃仙机场是东北地区现代化航空枢纽，可起降各类大中型运输机。另外还有东塔和于洪两个军用机场及北陵机场。1921年奉系军阀张作霖在沈阳成立东三省航空处，并在东塔修建机场，经10年发展，建立5个飞机队、1个飞机工厂，飞机达100余架。日本军队侵占沈阳后，这批航空装备被日军掠夺。（程时旦）



中山广场 郑朝军摄

Changchun

长春 (Changchun) 中国东北中部地区军事要地，汽车工业城市，吉林省省会。位于吉林省中部伊通河畔。辖朝阳、南关、宽城、二道、绿园、双阳6区，德惠、九台、榆树3市和农安县。面积19 914平方千米，人口691万(2000)。唐属渤海州都督府，辽属东京道黄龙府地，金属济州，明属奴儿干都司，清先后置长春厅、长春府，始有“长春”之称。1913年废府设县，1932年改为新京特别市，为伪“满洲国”国都。1947年改称长春市，属吉林省。1953年为中央直辖市。1954年复为省辖市，省会由吉林市迁此。



“汽车城”一角 潘耀武摄

市境东倚长白山，西连松嫩平原。东南部低山、丘陵，平均海拔300～400米，最高点老道洞山海拔711米。城区地势由西南向东北倾斜。伊通河由南向北贯穿城区东部。属中温带半湿润季风气候，春季干燥多风，冬季寒冷漫长。年平均气温5.2℃，1月平均气温－15.9℃，7月平均气温22.8℃。年降水量约600毫米，无霜期130天。

长春是新兴工业城市，中国最大的汽车制造工业基地，汽车、拖拉机产量分别占全国的1/5和1/10，客车、机车、精密仪器等制造业闻名全国，电子、化

工、食品加工、轻纺等工业发展迅速。铁路以京哈线连接南北，以长春—图们、长春—白城线沟通东西。公路通往省内外各地。民航班机航线通往北京、上海、广州、沈阳、哈尔滨、延吉和俄罗斯联邦伊尔库茨克等地。大房身机场始建于1931年，经多次整修、扩建，已成为设备齐全、功能比较完善的军民合用机场。1949年3月，东北人民解放军航空学校由牡丹江迁长春，培训了一批航空人才。驻有中国人民解放军空军航空大学等军事院校。

（梁万义）



大连港　　刘万田摄

Dalian

大连 (Dalian)　中国东北地区最大海滨港口工业城市，辽东半岛军事重镇，辽宁省辖市。位于辽东半岛南端，东濒黄海，西临渤海，与山东半岛的烟台、威海隔海相望，共扼渤海海峡。辖中山、西岗、沙河口、甘井子、旅顺口、金州6区和庄河、瓦房店、普兰店3市及长海县。面积12 573平方千米，人口545万(2000)。秦汉属辽东郡。魏晋称三山，属东沓县。唐置都里镇，属营州都督府。辽属东京道辽阳府。金属金州。元属金复州万户府。明称三山海口、青泥洼口，属金州卫。清属金州厅。1905年始称大连。1905～1945年被日本侵占。日本投降后，由苏联军队接管。1947年成立关东公署，后改称旅大行政公署。1950年行政归属中华人民共和国政府管辖。1950年4月称旅大市。1953年为中央直辖市，1954年改属辽宁省。1981年2月称大连市。

地处辽东丘陵南段，千山山脉末端，多山地、丘陵，地势北高南低，北宽南窄，最窄处仅5千米，称金州地峡，为辽东半岛南部“咽喉”。山地多呈北东—南西走向，贯穿全区，500米以上的山峰有18座。步云山海拔1 132米，为最高峰。区内多季节性河流，分属黄海、渤海水系，具有短小、独流入海的特点，较大河流有英那河、庄河、碧流河等。全市海岸线长1 287千米，大小海湾30多处，岛屿和礁坨226个。属暖温带半湿润季风气候，海洋性气候特征显著，冬无严寒，夏无酷暑。年平均气温10.4℃，1月平均气温-4.6℃，7月平均气温23.0℃。年降水量650毫米左右。受季风气候影响，夏季盛行偏南风，冬季盛行偏北风。秋、冬季能见度较好，春、夏季较差。

大连是沿海工业城市，拥有港口、工业、外贸、科技、渔业、旅游等优势。工业基础雄厚，门类齐全，以机械、石油化工、冶金、纺织为主，机械工业以造船、内燃机车著称。交通发达。大连港水深港阔，不淤不冻，是中国主要外贸口岸，与世界各地60多个港口通航，国内有通往烟台、天津、青岛、上海、广州等航线。铁路为哈大线南端，与东北及全国铁路网相连，并有至旅顺、庄河、老虎屯等支线。公路四通八达，沈大高速公路为中国第一条高速公路。民用班机航线通往国内、国外多个城市。位于西北郊的大连周水子机场是军民合用机场，可起降大中型运输机和各种作战飞机。周围有普兰店、三十里堡、瓦房店、土城子、金州、登沙河等军用机场。

（庞延安）

Datong

大同 (Datong)　中国最大的煤炭生产基地，山西省第二大城市，历史文化名城，军事重镇。位于山西省北部。辖城区、矿区、南郊、新荣4区，阳高、天镇、广灵、灵丘、浑源、左云、大同7县。面积14 176平方千米，人口276万，其中城区面积2 080平方千米，人口129万(2000)。始建于战国时期。秦置平城县。北魏天兴元年(398)建都于此，历时97年。辽重熙十三年(1044)设大同府，始称“大同”。辽、金为陪都。明清为大同府治。1949年5月大同和平解放，建大同市，属察哈尔省。1952年11月察哈尔省撤销，归山西省。



大　同　　郑朝军摄

市境介于内外长城之间。地势西北高、东南低。海拔1 000～1 500米。山区和半山区面积占总面积的76.3%，主要有恒山、太白山、六棱山、二郎山、云门山、采凉山、雷公山等。六棱山黄羊角海拔2 420米，为境内最高峰。桑干河为境内最大河流，此外还有南洋河、壶流河、浑河、御河、唐河等河流。属中温带半干旱季风气候，冬寒夏凉，温差较大，气候干燥，风沙大。全年8级以上大风天数达42.8天。年平均气温6.6℃，1月平均气温-10.9℃，7月平均气温21.8℃。年降水量约400毫米，集中于7、8月。

大同是晋北地区经济中心和交通枢纽。矿产资源丰富，主要有煤炭、石灰石、高岭土、耐火粘土、石墨等。其中煤炭储量最大，素有“煤都”之称。工业主要有采煤、电力、化工、建材、机电、轻纺等。大同地处山西、河北、内蒙古交通要冲，交通运输发达。北京—包头、大同—风凌渡、大同—秦皇岛3条铁路在大同市区交会，北京—太原铁路从市区东南的灵丘县穿过。京包和大秦铁路是晋煤外运的主要通道。干线公路通往太原、集宁、张家口等地。大同民用机场于2001年开始修建，位于大同市东南，距市区15.2千米。此外还

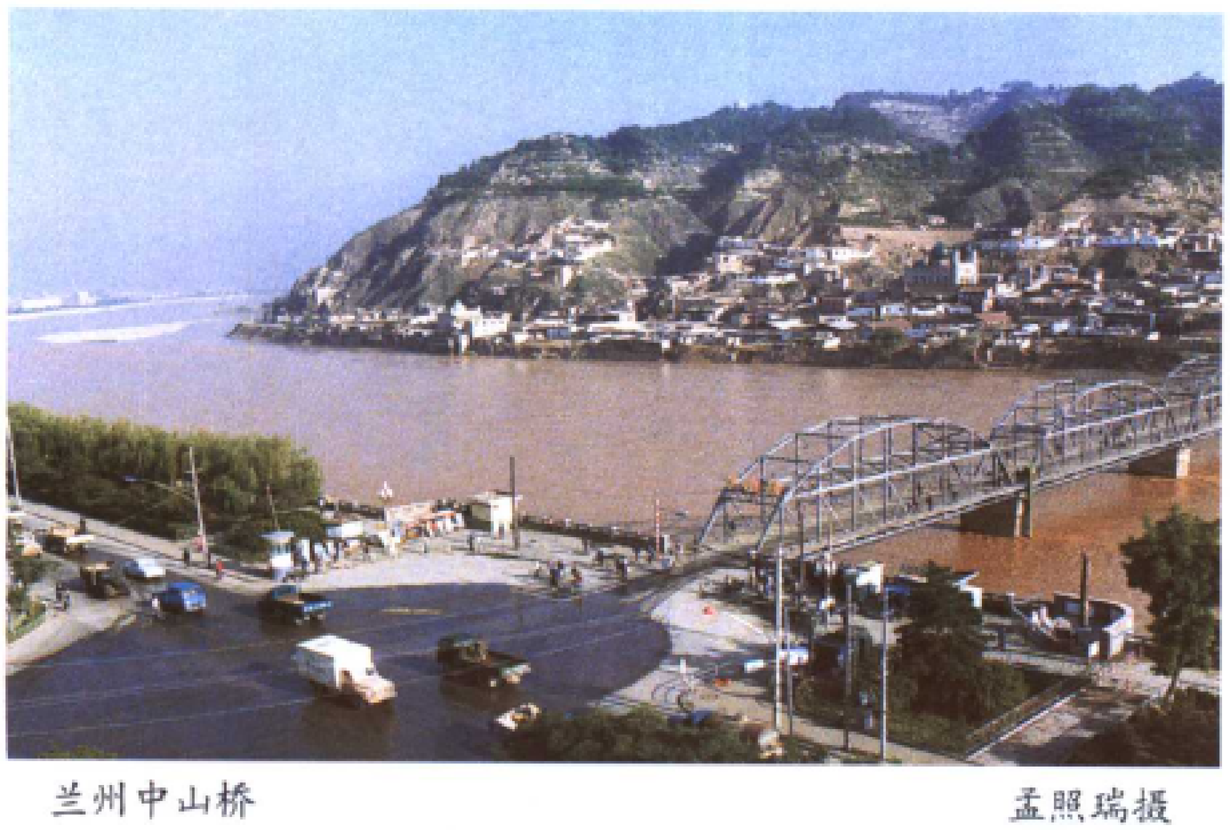
有大同(怀仁)和灵丘军用机场，分别位于大同市西南的怀仁县(现属朔州市)和东南的灵丘县。市东郊有大同航空运动学校。（龚雪梅）

Lanzhou

兰州 (Lanzhou) 中国西北地区重要工业城市，战略要地，交通枢纽，甘肃省省会。因城南皋兰山而得名。位于甘肃省中部。辖城关、七里河、西固、安宁、红古5区和永登、皋兰、榆中3县。面积13 614平方千米，人口288万(2000)。古为羌戎族居地。秦置榆中县，属陇西郡。西汉中期为金城郡地，故称“金城”。隋开皇元年(581)置兰州。唐、宋、元、明时期建置屡有变更，多以兰州为名。清康熙五年(1666)始为甘肃省省会。1913年置兰山道。1927年废道，属兰山、安肃区。1941年设兰州市，后一直为省会。

市境地处陇西黄土高原、青藏高原、内蒙古高原交会地段，平均海拔1 500～3 600米。东南马衔山海拔3 670米，为境内最高峰。城区为黄河河谷盆地，东西长约50千米，南北宽2～8千米。南面营盘山、马架山、皋兰山、沈家岭与北面白塔山、九州台、凤凰山等构成城区南、北屏障。黄河自西向东贯穿市区。属中温带干旱季风气候。夏短无酷暑，冬长无严寒。年平均气温9.3℃，1月平均气温-6.1℃，7月平均气温22.1℃。年降水量约320毫米。

兰州为中国重要工业基地之一，炼油、化工、机械、冶金、电力、钢铁、纺织、医药等工业发达。铁路有陇海、兰新、包兰、兰青等干线在此交会。公路可达西安、西宁、成都、乌鲁木齐、银川、包头等地。中川机场为大型航空港，民用班机航线通往北京、上海、广州、桂林、昆明、成都、西安、乌鲁木齐等市及省内天水、庆阳、嘉峪关、敦煌等地。榆中军用机场四周多山，净空条件较差。抗日战争初期，为苏联援华空运物资集散中心和中国空军主要基地之一。1939年2月，日军连续3次大规模空袭兰州。中国空军在苏联空军志愿队配合下予以抗击，3次空战击落日机15架。（樊家文）



兰州中山桥 孟照瑞摄

Wulumuqi

乌鲁木齐 (Ürümqi) 中国西北部军事重镇，新疆维吾尔自治区首府。位于新疆中部偏北。辖天山、沙依巴克、新市、水磨沟、头屯河、南泉、东山7区和乌鲁木齐县。面积11 973平方千米，人口159万(2000)。有汉、维吾尔、回、哈萨克、满、蒙古等49个民族，少数民族约占总人口的27%。古为天然牧场。汉隶西域都护府。唐属庭州。元属别什八里元帅府。明属厄鲁特蒙古。清乾隆年间建迪化城和巩宁城，名乌鲁木齐。三十八年升为迪化直隶州。光绪十年(1884)新疆建省，以迪化为省会。光绪十二年升迪化直隶州为迪化府，增设迪化县。1913年改为县。1945年设迪化市。1953年改称乌鲁木齐市。1955年10月，新疆维吾尔自治区成立后，为自治区首府。



乌鲁木齐一隅 韩晓华摄

市境地处天山山脉北麓天山东、西段结合部，准噶尔盆地南缘。东北部为天山主峰博格达山南坡，西南部为天格尔山，北部为冲积平原。城区属低山丘陵地带，地势自南向北倾斜。乌鲁木齐河由南向北纵贯市区。西岸雅玛里克山海拔1 398米，可瞰制整个城区。属中温带大陆性半干旱气候。春秋短促，夏季少酷热，冬季漫长、寒冷。年平均气温6.6℃，1月平均气温-12.7℃，7月平均气温23.7℃。年降水量约200毫米。无霜期156天。日温差较大。全年多偏南风和偏北风。南郊乌拉泊—柴窝堡—达坂城一带为百里风区，每年8级以上大风可达148天。

乌鲁木齐是新兴综合性工业城市，中国西部对外开放重要门户。工业以机械、石油和纺织业为主。扼南北疆交通咽喉。铁路以兰新线为主干，东与陇海、包兰线相接，西经阿拉山口通往哈萨克斯坦，南经库尔勒达喀什。公路通往区内各地和甘肃、青海、西藏等省区及其他周边国家。有石油管道运输线与克拉玛依相连。地窝铺民用机场为西北地区重要国际机场，民用班机航线通往北京、上海、广州、西安等国内多个大城市，区内十余个中小城镇和哈萨克斯坦阿拉木图等地；由北京飞往西亚、欧洲、非洲等地的国际航线经此出境。市南郊有大东沟军用机场。1932年3月，新疆航空军官学校在迪化成立，1937年改名为新疆边防督办公署航空队。1938年初，苏联政府援助新疆督办盛世才扩建新疆边防督办公署航空队，开设航空训练班。中国共产党选派43名红军干部入该班学习飞行和机务技术，这批干部后来成为创建人民空军的技术骨干。（樊家文）

Xi'an

西安 (Xi'an) 中国著名古都，历史文化名城，战略要地，西北地区第一大城市，陕西省省会。古称长安。位于陕西省中部。辖碑林、新城、莲湖、雁塔、未央、灞桥、阎良、临潼、长安9区和蓝田、高陵、户县、周至4县。面积9 983平方



西安古城墙　　李国城摄

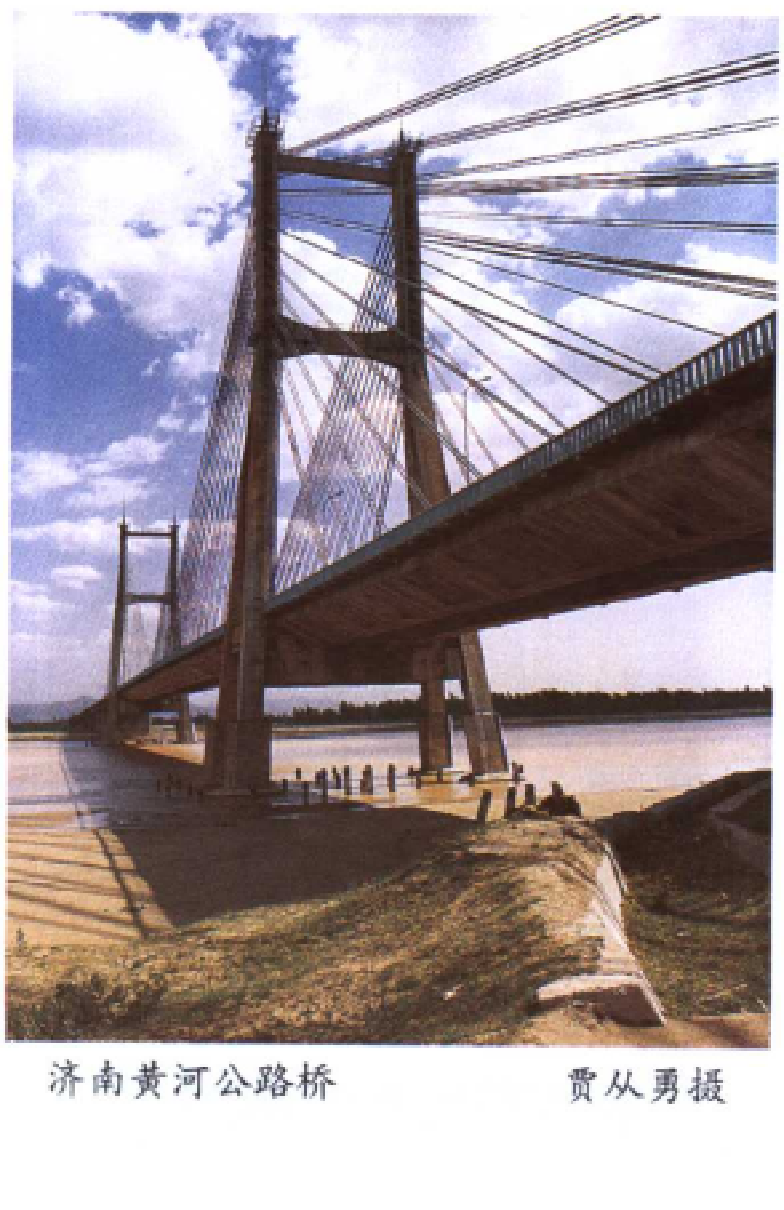
千米，人口674万(2000)。历史上先后有西周、秦、西汉、新莽、西晋、前赵、前秦、后秦、西魏、北周、隋、唐12个王朝在此建都。1928年始设西安市，1930年改西京市，1943年复名西安市。1949年为中央直辖市、陕西省省会。1954年改为陕西省辖市。

辖区地处关中平原中部，南依秦岭，北连陕北黄土高原，西望陇山，东通中原。地势东南高、西北低。南部塬区最高海拔690米，北部临近渭河滩地最低海拔307米。市区位于渭河南岸阶地，平均海拔412米。南有属秦岭山脉的终南山屏障，主要山峰有翠华山、南五台等，海拔1 500～2 600米。东南分布着秦岭山前黄土台塬，为历代屯兵要地。东部的骊山，海拔1 302米。北部为渭河冲积平原和台地。北有渭河自西向东横贯，泾河由西北向东南入渭河，东有灞河、浐河，西有沣河、涝河，南有潏河、滈河，均自南向北汇入渭河，素称“八水绕长安”。属暖温带亚湿润季风气候，四季分明。年平均气温13.4℃，1月平均气温-0.5℃，7月平均气温26.3℃。年降水量约570毫米，主要集中在7～9月。全年多东北风。影响飞行活动的主要天气现象，春季为风沙、浮尘，夏季为雷雨、大风，秋季为雾、降水、低碎云，冬季为烟、雾。

位于连云港—新疆经济带的中部，是西北地区的经济中心，建立了以机械、纺织为主，兼有化工、冶金、建材、轻工、食品加工、电子等工业体系。其中飞机制造业、自动化仪表和石油勘探业发达。有西安飞机制造公司、西安航空发动机制造公司和庆安宇航设备制造公司等8个航空企业。是西北地区重要交通、通信枢纽和中国科研、高等教育基地之一。连云港—兰州铁路横穿市区，建有西安—延安、西安—包头铁路，西安—南京铁路正在修建中。公路有西安至万县、包头、兰州、银川等10多条干线，西安至洛阳、宝鸡高速公路已建成通车。西安是具有一定规模的航空枢纽站和飞行管制中心，有通往国内主要城市的航线和通往日本的国际航班，周围建有户县、临潼、武功、阎良、咸阳等机场。其中西安咸阳国际机场，是西北地区最大的航空港。　　（张军堂）

Jinan

济南 (Jinan)　中国华北平原中部军事重镇，黄河下游最大的城市，山东省省会，历史文化名城。因坐落在古济水(今黄河下游)之南而得名。位于山东省西北部。辖市中、历下、槐荫、天桥、历城5区，长清、平阴、济阳、商河4县及章丘市。面积7 795平方千米，人口558万(2000)。西周为齐地，称泺邑，后改称历下邑。汉文帝前元十六年(公元前164)自齐国分出，始称济南。唐先后称齐州、临淄郡、济南郡。宋政和六年(1116)设济南府。元初改为济南路，属中书省。明洪武九年(1376)设山东布政使司，治济南府。清为山东省治。1912年废府留县，为历城县。1929年析历城县及城郊设济南市，为山东省省会。1948年济南解放，设济南特别市，为山东省辖市。



济南黄河公路桥　　贾从勇摄

市境地处鲁中丘陵与鲁北平原交接地带，南依泰山，北临黄河，地势南高北低。北部为黄河、小清河冲积平原，海拔17～100米。黄河自西向东北横贯全市，境内长172.9千米，是市区北侧的天然屏障。小清河自市区发源，向东北经邹县等地注入渤海。市内涌泉众多，史载曾有72名泉，素有“泉城”之称。中部为丘陵地带，海拔多为100～500米。南部为低山丘陵，海拔500～900米，最高峰摩天岭海拔989米。属暖温带半湿润季风气候，年平均气温14.4℃，1月平均气温-1.0℃，7月平均气温27.4℃。年降水量670毫米左右。全年能见度均较差，其中冬季最差，春季稍好，是影响飞行活动的主要气象要素。

济南是以机械工业为主的综合性工业城市，华北地区中部的重要交通枢纽。铁路有北京—上海、济南—青岛线在此交会。公路四通八达，主要有北京—济南—南京—福州国道、济南—青岛高速公路等。水运有黄河、小清河两条航道。民航班机航线通往北京、上海、西安、香港以及韩国汉城等多个城市。位于城东北的遥墙民用机场，是国内干线二级机场，可起降大中型运输机。西郊的济南军用机场，可起降各型作战飞机。1916年5月，孙中山将驻日本八日市中华革命党飞行学校调迁山东潍县，定名为“中华革命党东北军华侨义勇团飞机队”，参加讨袁战争。5月10日，飞机队3架飞机全部出动在济南低空盘旋，散发传单，并用香烟罐装填炸药制成的炸弹，轰炸了山东督军府。　　（程时旦）

Nanjing

南京 (Nanjing)　中国东南部战略要地，著名古都，江苏省省会。简称宁。位于江苏省西南部。辖玄武、白下、秦淮、建邺、鼓楼、下关、浦口、大厂、栖霞、雨花台、江宁11区，江浦、六合、溧水、高淳4县。面积6 421平方千米，人口537万(2000)。春秋属吴。战国属楚，称金陵邑。秦改秣陵县。东汉建安十七年(212)，吴主孙权于金陵邑故址筑石头城，改秣陵为建业。吴黄龙元年(229)九月，孙权迁都建业，为建都之始。此后，东晋、南朝宋、齐、梁、陈，五代时期南唐，明初及太平天国、中华民国均在此建都。明永乐元年(1403)改称南京。1927年4月，国民党政府定南京为首都，置南京市。1949


南京长江大桥 李项鸿摄


紫金山天文台 王德英摄

年4月25日南京解放，为中央直辖市。1952年改为江苏省辖市、省会。

市境地跨长江两岸，东南临长江三角洲，西北接苏北黄淮平原。境内丘陵、平原交错，市内的狮子山、清凉山等和南郊的雨花台，海拔都不足百米。东郊紫金山主峰海拔448米，为市区最高点，因山体形似“座钟”又称钟山。长江自西南流向东北穿过市区北部，沿江有广阔的冲积平原。主要河湖有秦淮河、金川河、滁河和玄武湖。属北亚热带湿润季风气候，冬冷夏热、云雨多。年平均气温15.3℃，1月平均气温2.1℃，7月平均气温27.9℃。年降水量1 000余毫米。能见度秋季较好，其他季节较差。

南京是华东地区重要工业城市，东南交通要冲。铁路有南京—天津、南京—上海等干线与全国铁路连接。公路与上海、浙江、安徽等省市贯通。长江航运可达上海、江西、湖北、湖南、四川、重庆等省市，秦淮、滁河两水系可通安徽、浙江等地。民航班机航线通往北京、香港和日本名古屋等多个城市。新建的禄口国际机场是华东地区大型民用机场之一，可起降大中型运输机。军用机场有曾为军民合用的大校场机场和土山机场。抗日战争时期，中国空军和苏联空军志愿队在南京地区空域与日本海军航空队进行了多次空战。1937年9月，中国空军共出击46次，与日机空战15次，击落日机20架。12月1日，苏联空军志愿队23架战斗机和20架轰炸机抵达南京，当天5次升空与日机空战，击落日机3架。在11～12月上旬的南京保卫战中，中苏空军共击落日机20架，并多次袭击了侵犯南京的日军地面部队。12月13日南京陷落，中苏空军被迫撤离。 (程时旦)

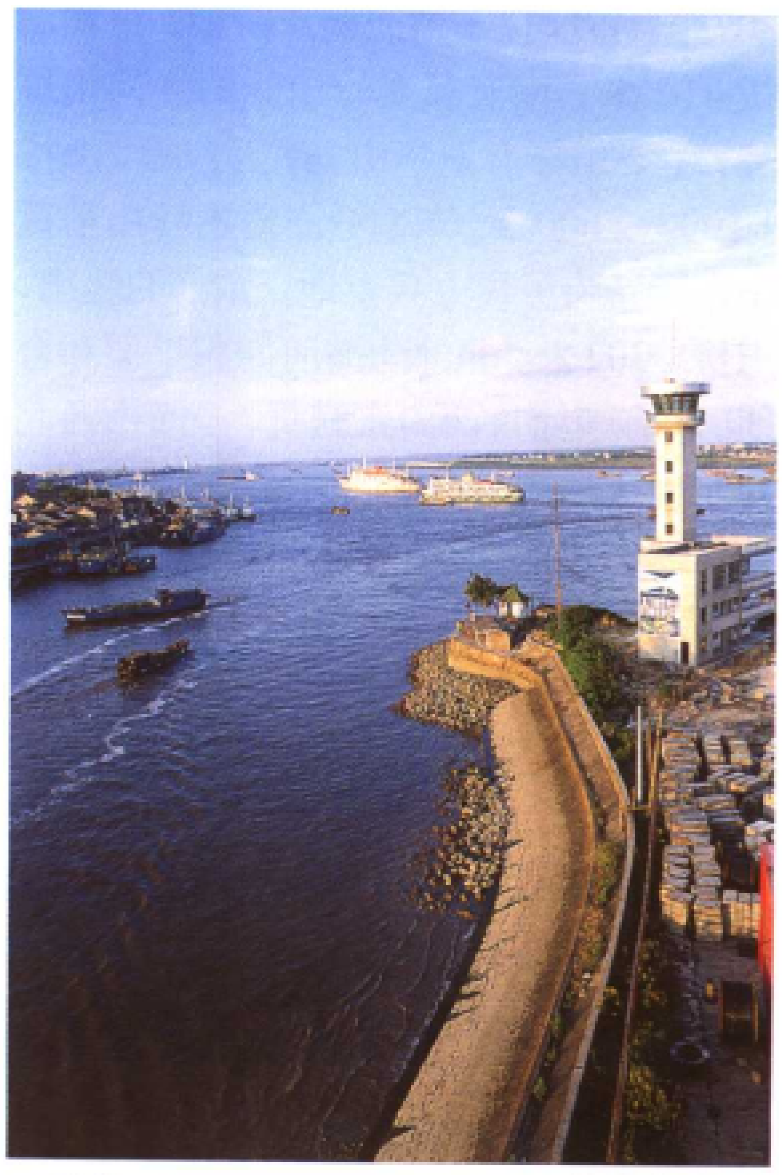
Shanghai

上海 (Shanghai) 中国最大的工商业城市，中央直辖市，华东地区战略要地。


上海港 曾湘敏摄

简称沪。位于中国东海之滨，长江口南岸。辖黄浦、卢湾、徐汇、长宁、静安、普陀、闸北、虹口、杨浦、闵行、宝山、嘉定、浦东新区、金山、松江、青浦16区，崇明、南汇、奉贤3县。面积6 340平方千米，人口1 674万(2000)。古为吴淞江下游海滨渔村。吴淞江下游段古称“扈渎”，后改称“沪渎”，为简称“沪”之源。战国时属楚，相传为楚公子春申君黄歇封地，故又别称“申”。唐天宝五年(746)设青龙镇(今青浦县东北)。后因海岸东移，距海日远，于南宋咸淳初年(1265～1267)在吴淞江下游支流上海浦设立上海镇，属华亭县。元至元二十九年(1292)析华亭县东北部置上海县，属松江府。鸦片战争后(1843)被辟为通商口岸。1845年后，英、法等国相继在上海设立租界区。1927年中华民国政府设上海市，次年定为特别市。1949年5月27日上海解放，定为中央直辖市。

市境属典型的河口三角洲冲积平原，


吴淞口 曾湘敏摄

地势低平，平均海拔2.3米。西南方向的青浦、松江低地中散布着10座海拔数十米的山丘，其中天马山最高，海拔98.2米。东方明珠广播电视塔高461米，为市区最高建筑。主要河流和湖泊有长江河口段、黄浦江、吴淞江和淀山湖等。黄浦江江宽水深，便于航运，纵穿上海市区，从吴淞口注入长江，口外有崇明、长兴和横沙3岛。属北亚热带湿润季风气候，全年四季分明，雨量充沛。年平均



杨浦大桥　　张　平摄

气温15.8℃，1月平均气温3.7℃，7月平均气温27.8℃。年降水量1 100余毫米，主要集中在6～9月，且多伴有雷暴。全年风向变化较大，冬季多为西北、东北风，春、夏季多为东南风，秋季多为东北风。能见度夏季较好，其他季节较差。

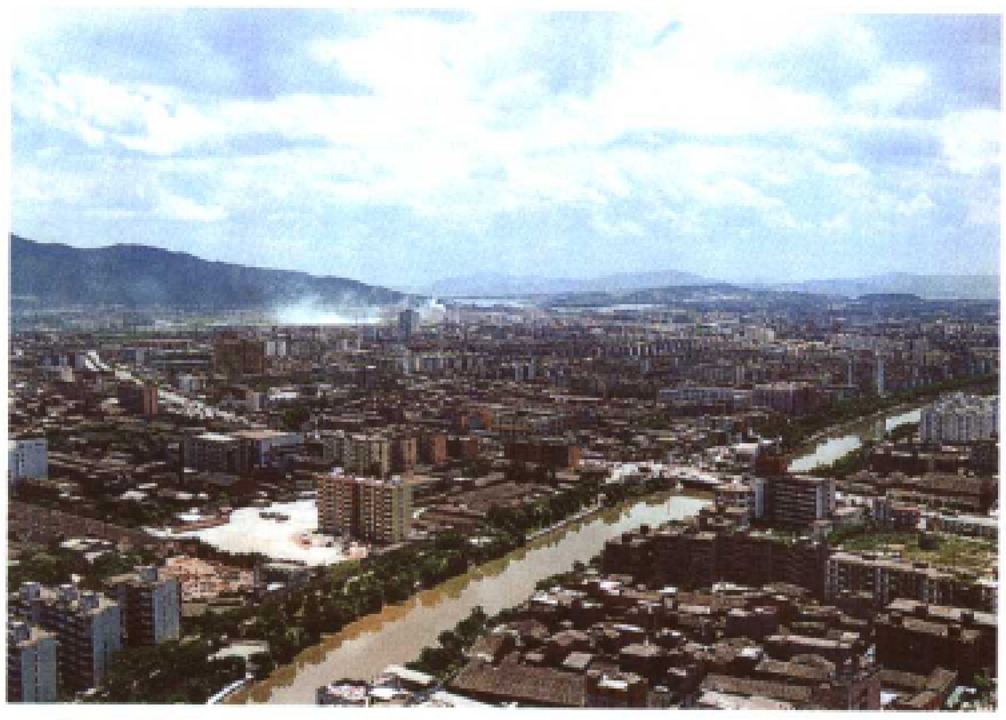
上海是中国最大的综合性工业基地和经济、金融中心，第二大航空港，重要国际贸易港。主要有机械制造、纺织、化工和冶金工业。上海港是中国最大的港口，远洋运输航线连通世界160多个国家和地区的600多个港口。上海是中国主要的铁路交通枢纽，北京—上海、上海—杭州两条干线与中国铁路网相连。公路四通八达。市区建有地下铁路以及横跨黄浦江的公路隧道和南浦、杨浦、徐浦跨江大桥。国际班机航线通往长崎、大阪、东京、旧金山、纽约、巴黎、多伦多等地，国内班机航线通往各省市。位于西郊的虹桥机场，曾为军民合用，可供大型运输机起降。浦东国际机场是大型现代化国际机场，位于长江入海口南岸，能起降各类大型运输机。周围还有崇明、大场等军用机场。上海是航空事业发展较早的城市。1911年，法国飞行家环龙最早携机到上海作飞行表演。1912年，上海成立沪军都督府航空队，厉汝燕任队长，是中国最早的航空队之一。1930年1月28日，中国空军4个航空队25架飞机，配合第19路军作战，抵抗日本军队进攻上海，击落日机1架。1950年2月6日，台湾当局空军飞机轰炸上海，造成人民生命财产重大损失。随后，苏联空军抵达上海等地，协助中国防空。在后来的国土防空作战中，中国人民解放军先后在上海地区击落台湾当局空军窜扰飞机11架。

（程时旦）

Fuzhou

福州　(Fuzhou)　中国东南沿海军事重镇，福建省省会，历史文化名城。位于福建省东部偏北，闽江下游。辖鼓楼、台江、仓山、马尾、晋安5区，福清、长乐2市和闽侯、连江、罗源、闽清、永泰、平潭6县。面积12 153平方千米，人口583万(2000)。秦属闽中郡。汉高祖五年(公元前202)，闽越王建都城于此，称为冶城。唐开元十三年(725)设福州都督府。据《元和郡县志》："因州西有福山，故名。"宋设福建路，因编户植榕，绿荫满城，故称榕城。元设福州路、福建行省。明、清为福州府。1912年设闽侯县。1946年设福州市。1949年为省会。

地处浙闽山地中部，西依戴云山脉、鹫峰山脉，东临台湾海峡。地势西北高、东南低，周围为海拔500～1 000米的山岭环绕。东有鼓山，主峰919米；西有根山；南有王虎山；北有莲花峰；中间为福州盆地。城区内有闽山(乌山)、于山、屏山等。闽江自西北向东南流经市区入东海。东部福清、长乐2市和罗源、连江、平潭等县临东海，海岸曲折，海岸线总长约1 180千米。属南亚热带湿润季风气候。年平均气温19.7℃，1月平均气温10.6℃，7月平均气温28.8℃。年降水量约1 350毫米。



福　州　　阮　勇摄

福州河海交通方便，既是闽江流域物产集散中心，又是海上运输物资转运站，是中国东南沿海的综合性工业城市和交通枢纽。工业主要有冶金、机械、电子、化工、医药、轻纺、建材等。铁路有福州—南平线与全国铁路联网。公路有省内、外多条干线。水运有闽江航运、江海联运，可通中国多个城市和世界各大洲。马尾港有多个万吨级泊位。民航长乐机场有通往北京、上海、广州、香港等国际、国内多个城市的航班。军用福州机场是空军保卫东南沿海地区空防安全的重要基地。1918年1月在福州马尾成立海军飞机工程处，建成中国最早的飞机制造工厂。1955年1月20日，福州遭到国民党空军飞机轰炸，伤亡341人，毁坏民房1.2万间。1958年8月，中国人民解放军空军进驻福州地区，与国民党空军进行了多次空战，夺取了制空权。

（程　榕）

Guangzhou

广州　(Guangzhou)　中国南部最大的港口城市，军事重镇，广东省省会，历史文化名城。位于广东省中部，珠江三角洲北部。辖越秀、东山、荔湾、海珠、天河、芳村、白云、黄埔、番禺、花都10区和增城、从化2市。面积7 434平方千米，人口685万(2000)。秦建番禺城，为南海郡治。东汉番禺属交州。三国析置广州。唐为岭南道治。北宋扩建为中、东、西3城。元为江西行省的广州道和南海路治。明为广州布政使司和广州府治。清为广东省治。据《广东新语》：周夷王时，南海五仙人骑五只仙羊来到楚庭(今广州)，各以谷穗留与州人，故称羊城。1923年孙中山在此设大元帅府。1925年设市，为广东省省会。1949年为中央直辖市，1954年复为省辖市。

市区地形以丘陵和冲积平原为主，地势东北高、西南低。南临南海；北和东北有白云山、天堂顶、三角山等，其中最高峰天堂顶，海拔1 210米；中间为丘陵、台地。平原集中在流溪河和珠江两岸。地下水丰富。西江、北江和东江在市区内交汇，形成珠江干流从西向东穿过城区向南流入南海。属南亚热带湿润季风气候，春初多阴雨，夏秋多台风、暴雨、雷雨。四季鲜花盛开，有"花城"之称。年平均气温21.8℃，1月平均气温13.3℃，7月平均气温28.5℃。年降水量约1 680毫米。



珠江之畔的广州

广州是中国南部综合性工业城市和水、陆、空交通枢纽，物资集散地。工业主要有冶金、电力、电器、仪表、化工、机械、建材、造船、食品加工、纺织、印刷等。铁路有北京—广州、广州—梅州—汕头、广州—深圳、广州—九龙等线。公路有省内、外多条干线。水运有珠江航运、江海联运，可通中国多个城市和世界各大洲。广州港有20多个万吨级泊位。民航白云机场有通往北京、上海、沈阳、香港、新加坡等国际、国内多个城市的航班。军用有岑村机场。广州是中国最早发展航空事业的城市之一。1911年，冯如携机从美国到广州试飞，成立广东军政府飞机队。1926年，孙中山在广州大沙头设立广东飞机学校。1928年11月和12月，国民党政府军事委员会广东航空处曾组织“广州”号、“珠江”号飞机进行国内长途飞行。 （程 榕）

Nanning

南宁 (Nanning) 中国广西壮族自治区首府，军事重镇。位于广西壮族自治区西南部，西江支流邕江沿岸，左江和右江的交汇处。辖新城、兴宁、城北、江南、永新、市郊6区和邕宁、武鸣2县。面积9 925平方千米，人口284万(2000)。有壮、汉、瑶、回、苗等30多个民族，其中壮族占人口总数的64%以上。秦属桂林郡。西汉属郁林郡领方县。东晋从郁林郡析置晋兴郡。隋为宣化县。唐为邕州治，故简称邕。元为南宁路，南宁由此得名。明、清为南宁府。1913年为南宁县。1914年为邕宁县。1949年析置南宁市，为广西省省会。1958年广西壮族自治区成立，为自治区首府。

地处南宁盆地，地势北高南低，周围低山丘陵环绕。东南有铜鱼山；西南有四方岭；西有摩天岭；北有大明山，最高峰大明山，海拔1 760米。城东北59千米处的昆仑关，地势险要，为南宁东北门户。城区位于盆地中部，平均海拔77米。城东北有天狮岭；东南有凤岭南山；南部有五象岭和凤凰岭；西部有纱帽岭；西北有风门岭等拱卫，诸山海拔150～340米。郁江(境内段称邕江)自西向东流经城区，江宽380米，水深10米，两岸建有防洪大堤。属南亚热带湿润季风气候，夏长冬短，夏无酷暑，冬无霜雪，四季常青。年平均气温21.6℃，1月平均气温12.7℃，7月平均气温28.4℃。年降水量约1 320毫米。

南宁是广西壮族自治区的综合性工业城市和水、陆、空交通枢纽。工业主要有食品加工、纺织、机械、化工、冶金、建材、电子、煤炭等。食品工业是全市最大行业。铁路有衡阳—友谊关、南宁—防城、南宁—昆明等线。公路四通八达，有多条干线，可通百色、友谊关、北海、湛江、柳州等地。南宁—梧州二级公路全线通车。水运有郁江航运，西可达百色、龙州，东经梧州达广州。民航有通往北京、昆明、广州、香港等国际、国内多个城市的航班。军民合用的吴圩机场是中南地区空军重要的作战基地，在打击入侵中国领空的外国空军侦察机和边境自卫还击作战中发挥了重要作用。

（程 榕）

Wuhan

武汉 (Wuhan) 中国华中地区最大的水陆交通枢纽，军事重镇，湖北省省会，历史文化名城。位于湖北省中部偏东，长江与汉水交汇处。辖江岸、江汉、石乔口、汉阳、武昌、青山、洪山、东西湖、汉南、蔡甸、江夏、黄陂、新洲13区。面积8 410平方千米，人口740万(2000)。城区主要由武昌、汉口、汉阳三镇组成。春秋为楚国辖地。西汉属江夏郡。三国初武昌和汉阳分治。武昌，南北朝为江夏郡，并置郢州改称郢城，隋为鄂州和江夏县治，元明清为武昌路、府治，1912年为武昌县，1926年为武昌市。汉阳，晋置沌阳县，隋为汉津县，后改称汉阳县，唐为沔州治，元为汉阳府治。汉口，明汉水改道后与汉阳始分两地，设汉口镇，属汉阳县，清为夏口厅，1912年改夏口县，1926年置汉口特别市。武昌、汉口、汉阳隔江相望，通称武汉三镇。1949年三镇合并设武汉市，为中央直辖市。1954年改湖北省省辖市。

地处江汉平原东部。三面环山，北有桐柏山、大别山余脉，东南有幕阜山余脉。地势南北高中间低，城区有众多丘陵，最高峰喻家山海拔152米。长江横贯市区，汉水自西向东于城中注入长江。多湖泊。江湖水位涨落频繁，多水患。属北亚热带湿润季风气候，夏多酷暑，6月多



武汉长江大桥 孟昭瑞摄

梅雨。年平均气温16.3℃，1月平均气温3.3℃，7月平均气温28.6℃，最高气温41.3℃。年降水量约1 200毫米。

武汉是华中地区最大的综合性工业城市和经济中心，在中国交通运输战略格局中占有承东启西、支撑南北的特殊地位。工业主要有冶金、机械、纺织、轻工、化工、建材、电子、钢铁、造船、汽车等。铁路有北京—广州、武汉—大冶—九江、武汉—丹江口等线。公路有省内、外多条干线。水运素有"九省通衢"之誉。长江航运，江海联运，可通中国多个城市和世界各大洲。民航天河机场有通往北京、上海、深圳、香港等国际、国内多个城市的航班。军用有汉口、武昌和黄陂机场。武汉历为兵家必争的战略要地。1938年2月18日、4月29日、5月31日，侵华日军3次空袭武汉，中国空军第4大队和苏联空军志愿队迎击，击落日机47架，中苏空军损失飞机17架，中方大队长李桂丹、飞行员陈怀民等5人牺牲。

（程 榕）

Chengdu

成都 (Chengdu) 中国西南地区战略要地，四川省省会。因五代后蜀主孟昶命人遍植芙蓉于城垣，故别称蓉。位于四川省中部，四川盆地西北部。辖青羊、锦江、金牛、武侯、成华、龙泉驿、青白江7区，崇州、邛崃、都江堰、彭州4市，金堂、双流、温江、郫县、新都、大邑、蒲江、新津8县。面积11 936平方千米，人口1 004万(2000)。战国时为蜀国首府。周慎靓王五年(公元前316)秦灭蜀，置成都县。两汉至隋朝为益州、蜀郡治。三国蜀汉、五代前蜀、后蜀以及北宋李顺、明末张献忠等农民起义军先后在此建都。清康熙、乾隆年间重修城池，为四川省、成都府治。1928年设市，为四川省省会。

地处山地向盆地过渡地带，地势由西北向东南倾斜。西北部属龙门、邛崃两山的南段东缘，由高山向低山、丘陵、平原递缓，海拔800米以上；东南部为成都平原主体。全境有分属岷江和沱江两大水系的河流40多条，平原有都江堰水利工程形成的纵横灌渠，河网密度大，通航河道少。属中亚热带湿润季风气候，终年温暖湿润。年平均气温16℃，1月平均气温5.5℃，7月平均气温25.2℃。雾日近60天，阴天约250天。冬春少雨，夏秋多雨，年降水量900多毫米。影响飞行活动的主要气象要素是：冬季能见度差，春、秋季多低碎云，夏季有雷暴。



昆 明　　沙劲松摄

成都物产富饶，素有"天府"之称。工业以机械、电子、冶金、化工、食品加工、建材、轻纺为主，是西南地区综合性工业基地。陆地、空中交通发达，是重要的铁路、公路和航空枢纽。成都—重庆、宝鸡—成都、成都—昆明3条铁路交会于此。公路四通八达。成都双流机场是西南地区大型航空港，民用航空通往国内、省内多个城市。军用机场有邛崃、彭山、凤凰山、太平寺、温江机场。1950年4月～1952年11月，中国人民解放军空军派出运输机，从成都新津机场起飞，为进军西藏的陆军部队空投、空运大批物资和给养，完成了任务。

（王利民）

Kunming

昆明 (Kunming) 中国西南地区军事重镇，云南省省会，历史文化名城。位于云南省中部。辖盘龙、五华、官渡、西山、东川5区，安宁市，呈贡、晋宁、富民、宜良、嵩明5县和石林彝族、禄劝彝族苗族、寻甸回族苗族自治县。面积21 688平方千米，人口473万(2000)。有汉、回、彝、白、苗等25个民族，少数民族占总人口的12%。战国时为滇国中心区，汉属益州郡，隋、唐置昆州，宋为大理国鄯阐府城。元设昆明县，始称"昆明"，为云南行省治，明、清继为云南省治。1928年设昆明市，郊区置昆明县。1953年撤县入市。

市境地处云南高原中部，金沙江、南盘江和元江的分水岭地带。地势北高南低，多起伏。平均海拔1 500～2 800米。禄劝县轿子山马鬃岭海拔4 247米，为境内最高点。城区为陷落盆地，市中心区海拔1 891米。盘龙江自北而南穿越市区，入滇池。属中亚热带湿润季风气候，年平均气温14.6℃，1月平均气温7.6℃，7月平均气温19.7℃，年降水量约1 000毫米。有四季如春、一雨成冬、干湿季分明的特点，是著名的"春城"。

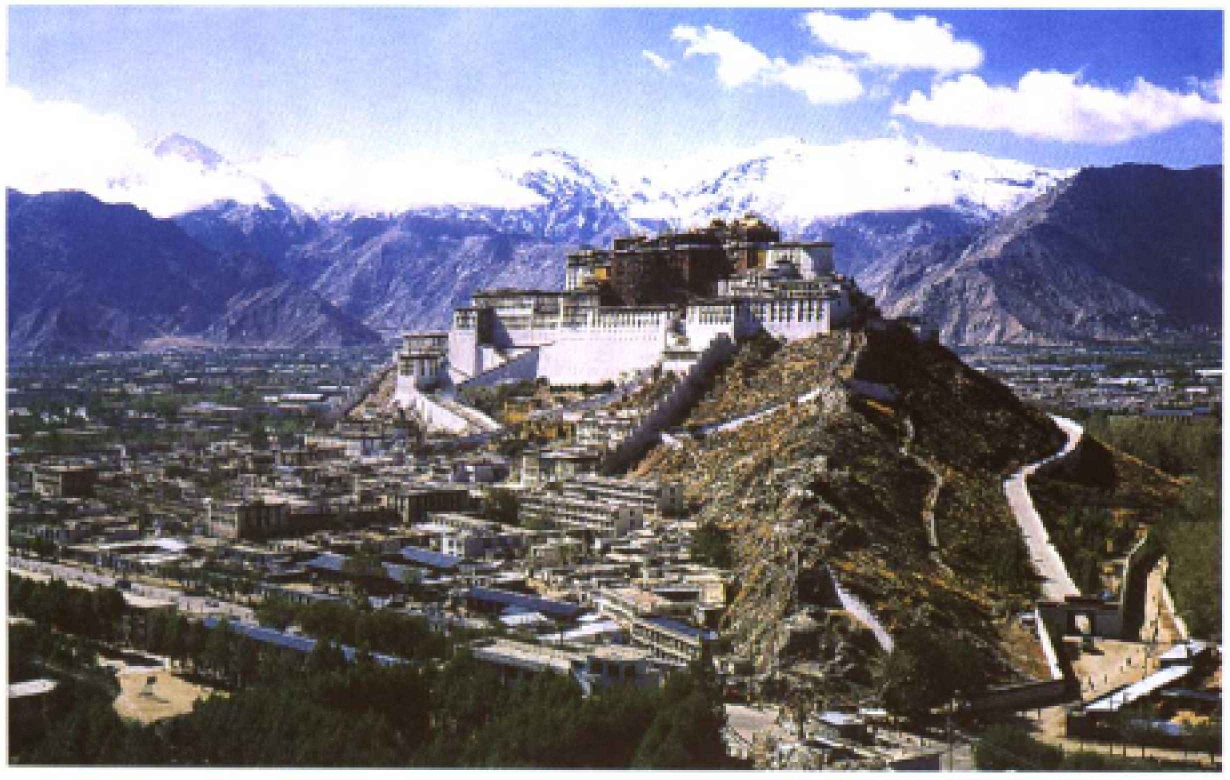
昆明是综合性工业城市，西南地区重要交通枢纽。工业以冶金、机械、仪表、化工、纺织业为主。铁路有成都—昆明、贵阳—昆明、南宁—昆明等线在此交会。航空运输业发达，民用班机航线可通往北京、上海、西安、成都、长沙、广州、南宁、贵阳、海口、香港、仰光、曼谷、新加坡、吉隆坡等地。呈贡机场位于东南部呈贡县境内，为小型军用机场。巫家坝机场位于市境东南部，由滇系军阀唐继尧于1922年始建。抗日战争时期，该机场为"驼峰航线"重要组成部分。1949年底云南和平解放后，经多次整修、扩建，该机场成为设备齐全、功能完善的大型军民合用机场。

（梁万义）

Lasa

拉萨 (Lhasa) 中国西藏自治区首府，历史文化名城。藏语为"圣地"、"佛地"之意。辖城关区和林周、当雄、墨竹工卡、尼木、达孜、曲水、堆龙德庆7县。面积近3万平方千米，人口40万(2000)。有藏、汉、回等民族，藏族占85%以上。15世纪以后，拉萨一直是西藏政治、经济、宗教、文化的中心。1951年西藏和平解放，1956年在此成立西藏地方政府，1960年设市。

位于西藏中南部，拉萨河中游北岸，冈底斯山东延余脉与念青唐古拉山西段南麓山地区的拉萨河谷平原上，海拔3 650米。周围高山环布，谷地宽阔平坦。拉萨河是雅鲁藏布江北岸的较大支流之一，发源于念青唐古拉山脉，由



拉　萨



基隆河风光　　詹尚仁摄

东向西流经市区南缘。主河道呈“S”形，河道和河漫滩宽1.5～2千米，最宽达8千米。横跨拉萨河的拉萨大桥，连接青藏和川藏公路。市区西部的药王山(比高110米)，红山(又称布达拉山，比高178米)，孤立突出，可瞰制全市。属高原亚湿热亚干旱季风气候。年平均气温7.5℃，1月平均气温 −2.1℃，7月平均气温 15.3℃。年平均降水量426.1毫米，6～9月雨季降水占全年降水总量的85%。终年无霾无雾，能见度好，全年日照达3 000小时以上，有“日光城”之称。影响飞行活动的主要天气现象，干季和过渡季节(11～5月)为沙尘和扬沙；雨季为低云、降水和雷暴。

拉萨的平原地区土地肥沃，自治区主要农业区之一。手工业发达。著名的青藏、川藏和中尼公路交会于此，青藏铁路正在修建之中，形成西藏的交通枢纽。航空事业发展始于1950年，在拉萨北部当雄修建第一座高原机场，海拔4 200多米。1957年在贡嘎建成第二座机场，1988年扩建机场时，新建一条4 000米水泥混凝土跑道，于1992年竣工启用，可起降大、中型运输机和各型作战飞机。先后开通拉萨至北京、西安、成都、重庆、广州、上海、香港的国内航线和至加德满都的国际航线。　　(张军堂)

Taibei

台北 (Taipei)　中国台湾省第一大城市，军事要地。位于台湾岛北部，四周为台北县所环绕。辖松山、信义、大安、中山、中正、大同、万华、文山、南港、内湖、士林、北投12个行政区。面积272平方千米，人口271万(1998)。距今四五百年前，台北一带为沼泽地，时称“大加蚋”，意为“平坦而浸水的土地”。明末郑成功收复台湾后，曾派兵驻守于淡水，至其孙郑克塽时，实行屯田制，派兵进入今台北市郊区士林一带垦荒。清康熙四十八年(1710)开始向台北一带移民，雍正元年(1723)置淡水县。清光绪元年(1875)设台北府，始有“台北”之称。1895年日本侵占台湾，设台北县。1920年设台北市。1937年台北市区面积扩大为66平方千米，成为当时台湾最大的城市。1945年抗日战争胜利后，台湾重建省制，台北市为省会所在地。1949年国民党当局迁此。

地处台北盆地中央，北部为大屯火山区，海拔1 000米以上的高峰多座；最高峰七星山海拔1 120米，余脉抵近市区，山势险要，是台北的屏障。东部、南部为雪山北麓的丘陵区，海拔500米左右，林木茂密，溪流众多。西部隔淡水河为林口台地，顶部平坦，四周陡峻，海拔200米左右，北侧以高差100米的陡崖逼近海岸，是西北部的自然屏障。市区地形平坦，平均海拔8米左右，由东南向西北缓倾。淡水河南北纵贯城区西侧，流向西北入海。新店溪蜿蜒于城南，基隆河环绕城





拉萨市郊天气景观　　贾从勇摄

东北，两河分别在城西南、西北注入淡水河。属南亚热带湿润季风气候。年平均气温22.3℃，1月平均气温15.2℃；7月平均气温28.8℃。年平均降水量2 000余毫米。夏季多西南、东南风，冬季多东北、西北风，夏秋两季多台风。

台北是台湾省经济、文化和交通中心。全省较大的工商企业，金融、贸易机构大多聚集于此。工业主要有电子、纺织、食品加工、机械、化工、造纸、建材、冶金、钢铁等。农业以种植水稻为主，有耕地5万多公顷。林业面积占全市总面积的1/3，以常绿阔叶林为主。教育、科研、医疗卫生以及新闻、出版等宣传文化机构的数量和规模均居全省第一位。铁路、高速公路穿越市区，航空港、海港与工业区连成一体。位于市区的松山机场辟有至高雄、花莲、台东、台南及马公等航线。距台北市29千米的桃园国际机场，能起降各型运输机。附近有桃园、松山、新竹、怀生等空军基地，驻有作战飞机。台湾当局空军总部驻台北。

（范国安）

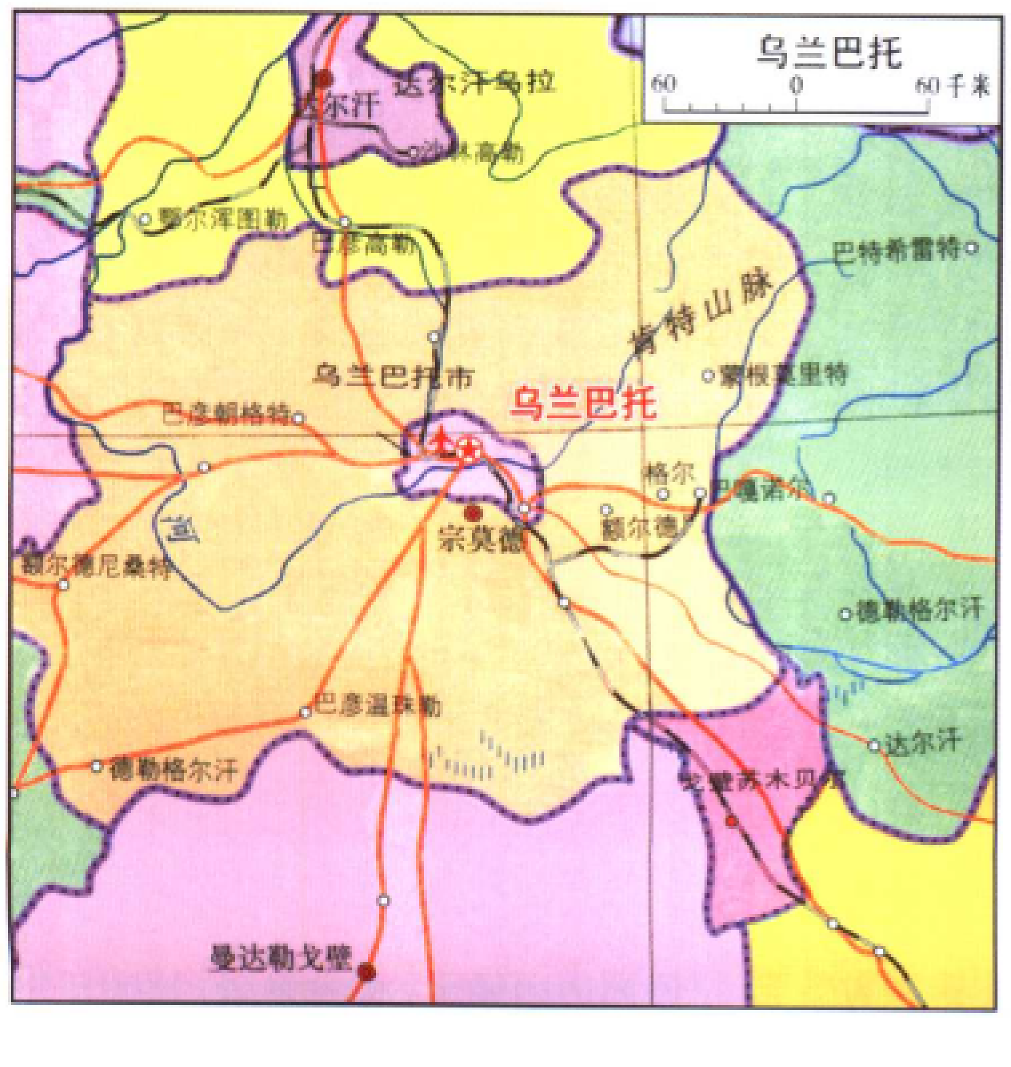
Wulanbatuo

乌兰巴托 (Ulan Bator)　蒙古国首都。原名敖尔吉。1906年改称大库伦，1911年改称库伦，“外蒙古”首府。1924年11月26日，蒙古人民共和国建立后被定为首都，并更名为乌兰巴托，蒙语为“红色英雄城”。位于蒙古国北部肯特山南端，鄂尔浑河支流土拉河畔，北纬47°56′，东经106°42′，海拔1 350米。设有9个行政区，面积2 074平方千米，人口57.5万



乌兰巴托街景　　孙毅夫摄

(1990)。东北面肯特山余脉，南面乔巴山、乌拉山，西面是森林草原。图拉河自东向西流过市区，河床宽35～70米，水深0.8～3.5米，流速2米/秒。属大陆性高寒气候，年最高气温达38.6℃，年最低气温－49℃，年平均气温为－2.9℃。年平均降水量233毫米，多集中于夏季，气候干燥。其中苏赫巴特尔区是蒙古政府机关、高等学府及科研机构所在地，也是繁华的商业区，苏赫巴特尔广场是举行重大庆典和群众集会活动的主要场地；蒙古工厂企业聚集地，主要有皮革、制鞋、洗毛、纺织、食品加工、修配和酿酒业等，工业产值占全国总产值的一半以上；该市既是全国的政治、经济、文化和交通中心，又是蒙古军队指挥机关所在地和重兵集结地域，战略地位十分重要。驻有许多军事机关，如蒙国防部、总参谋部、国土防空军司令部、建筑兵管理局、国家民防局、边防军管理局等。同时还驻扎一些部队，其中国土防空军编成内有：第16雷达团、防空火箭团、防空火箭—高炮团、混合航空兵团、第17雷达营；陆军编成内有：第7炮兵团、独立摩步精锐营、骑兵营、第1通信团、通信团、独立伞兵队、第57工程兵团、修理团、抢险团、物资保障旅等。



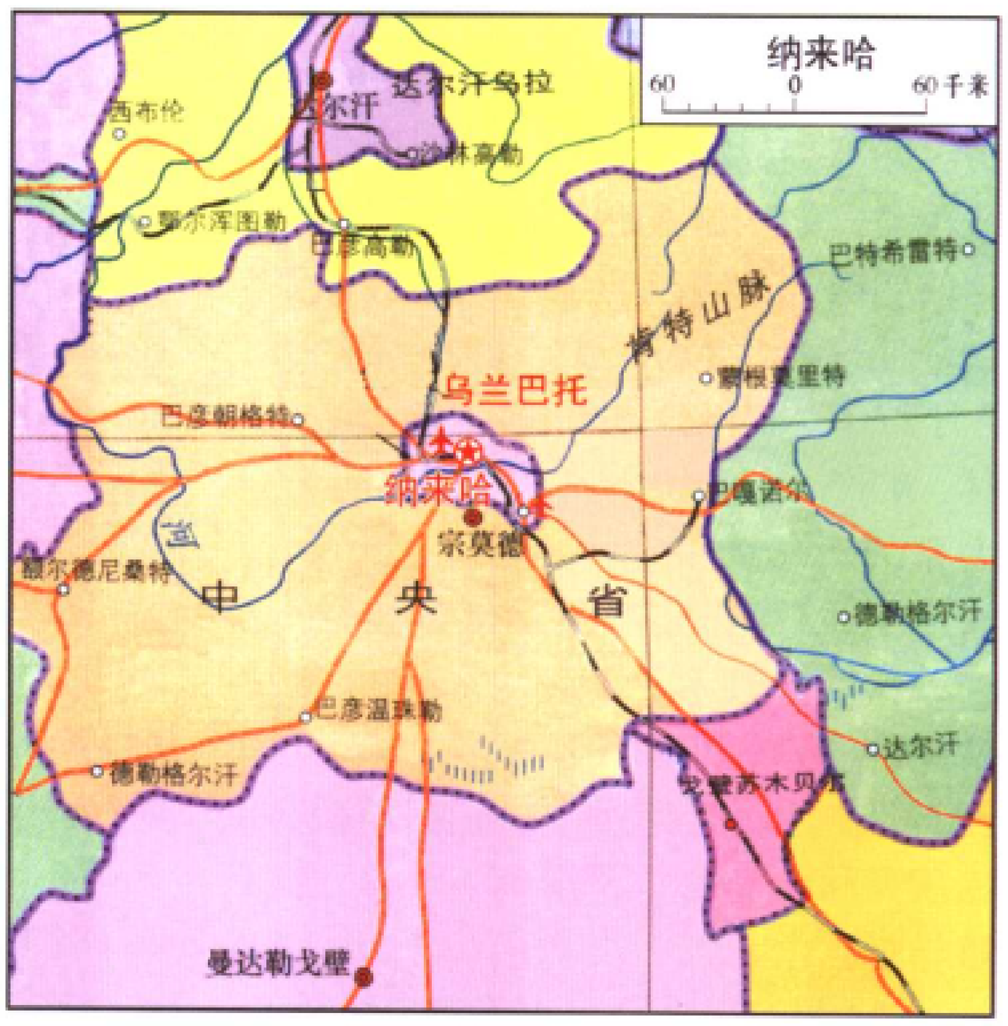
乌兰巴托国际机场是蒙古国最大的机场，位于该市西南14千米处，北纬47°51′，东经106°45′，水泥跑道长3 100米、宽60米，可起降图－154等大型客机和各种作战飞机。历史上，苏、蒙军曾由此前出进入中国二连浩特方向作战。

纳来哈是该市东南方向上的卫星城。纳来哈军用机场位于纳来哈市东南7千米处，北纬47°44′，东经107°20′，两条水泥跑道分别长2 800米、宽40米；长3 200米、宽45米，可供歼击机、歼击轰炸机起降。曾驻苏联歼击轰炸机团等部队，现驻蒙军混航团。

（杨兴和）

Nalaiha

纳来哈 (Nalayh)　蒙古国首都乌兰巴托市辖卫星城，重要的煤炭产地，空军基地。位于中央省境内，乌兰巴托市东南35千米处，北纬47°45′，东经107°13′，人口1万余。纳来哈地处鄂尔浑河支流图拉河上游谷地，草原季河纳来哈河两岸，周围群山环抱，海拔1 300米。平均气温：1月－29℃，7月18.3℃。最低气温－48.9℃，最高气温38.3℃，年均降水量250毫米。纳来哈河两岸是优良的夏季牧场，并蕴藏丰富的煤炭。纳来哈是随着采煤业发展而兴起的工业城镇。1938年修建乌兰巴托至纳来哈窄轨铁路，1958年改为宽轨铁路。1962年设纳来哈市，有煤矿、电站和玻璃厂等。1994年蒙古国国家大呼拉尔重订全国行政区划时，将纳来哈改为首都的一个区。



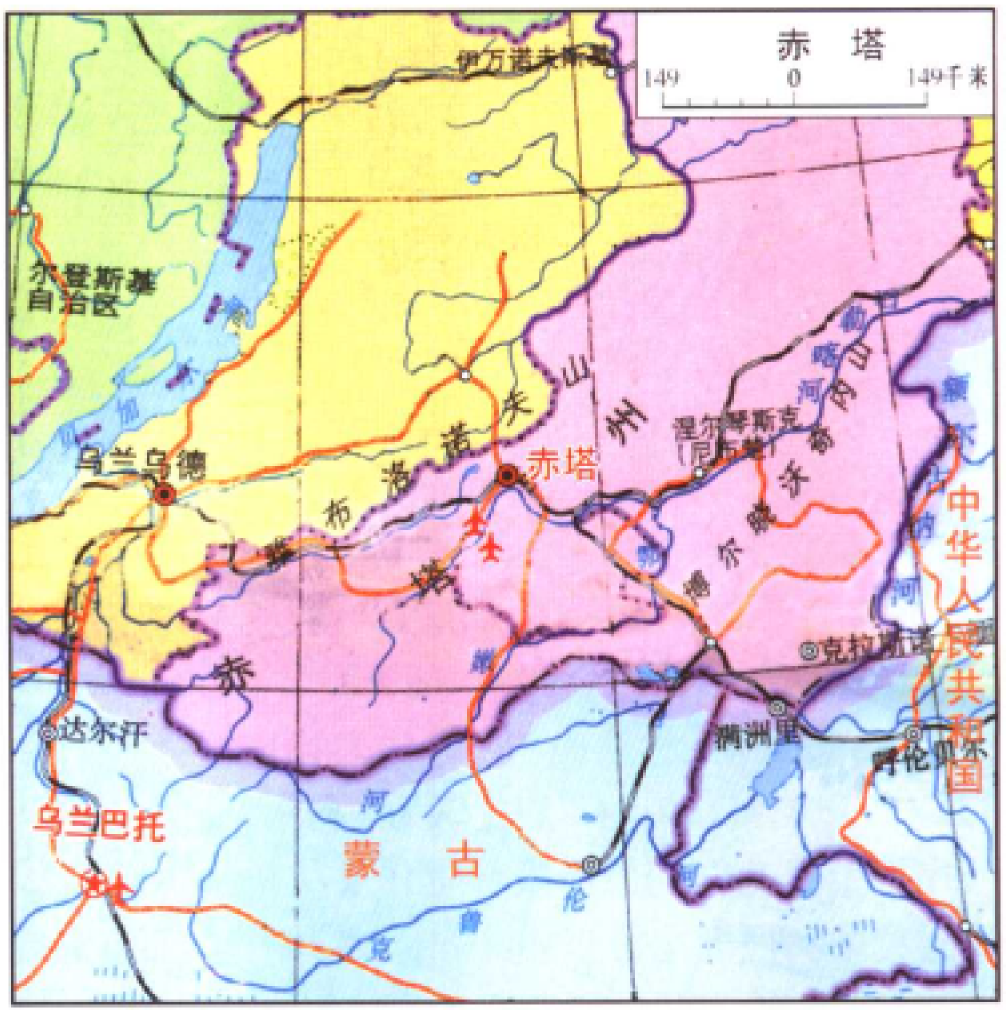
纳来哈地扼首都东南方向的咽喉要道，乌兰巴托至扎门乌德铁路和乌兰巴托至东部各省的公路干线均经过此地，战略地位十分重要。1967年前后，修建了机场、防空导弹阵地等军事设施。纳来哈机场位于北纬47°44′，东经107°20′，跑道方向130°、310°，两条水泥跑道分别长2 800米、宽40米；长3 200米、宽45米。配有较完备的通信、导航和飞行保障设施以及地下机库，可起降各种中型飞机。（李道夫）

Yi'erkucike

伊尔库茨克 (Irkutsk) 俄罗斯联邦东西伯利亚第二大城市，伊尔库茨克州首府，空军基地。位于贝加尔湖西南30千米，伊尔库茨克一切列姆霍沃平原上，安加拉河与其支流伊尔库特河汇流处。北纬52°18′，东经104°15′，海拔467米。面积约200平方千米，人口59万(1998)。该城群山环抱，绿树成荫，风景优美，安加拉河流经市区，有“西伯利亚的明珠”、“东方巴黎”之称。属温带大陆性气候，平均气温：1月－20.9℃，7月17.6℃。年均降水量458毫米。森林、矿产、水资源丰富，安加拉河上有大型的伊尔库茨克水电站。西伯利亚铁路干线枢纽和客、货运集散地，水路和公路交通便利。贝加尔湖是世界上最深的淡水湖，俄联邦著名的旅游区。拥有俄联邦科学院西伯利亚分院伊尔库茨克科学中心。部署有SS－25型战略导弹。

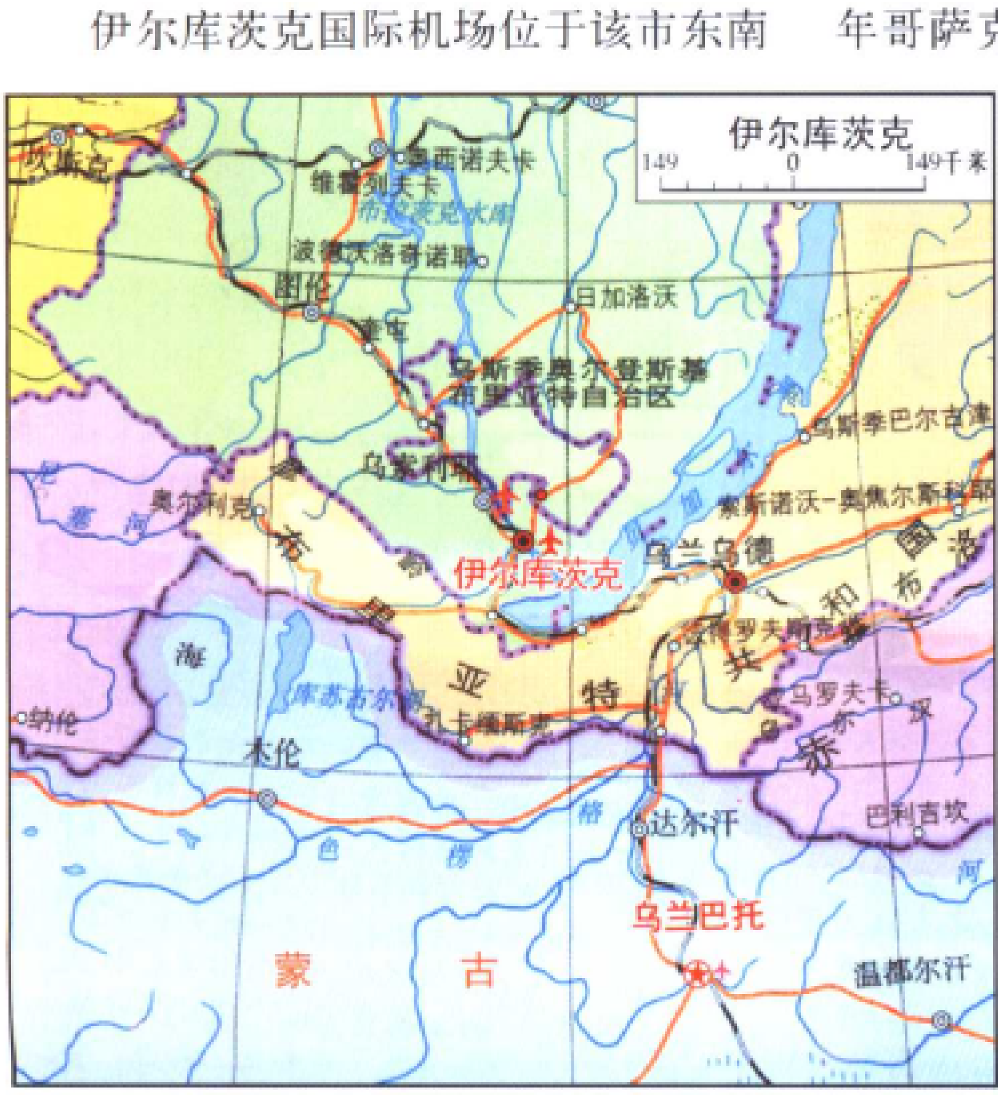
伊尔库茨克国际机场位于该市东南8千米，北纬52°16′，东经104°23′，标高497米。有水泥混凝土跑道两条，跑道方向均为115°、295°，其中一条长2 750米、宽80米；另一条跑道长2 450米、宽60米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。为俄联邦亚洲地区空军备用机场。俄联邦伊尔库特科学生产公司(原伊尔库茨克航空制造联合企业)是苏－27系列飞机的制造厂。该厂的试飞机场位于伊尔库茨克西北9.5千米处，北纬52°22′，东经104°11′，标高558米。有一条水泥混凝土跑道，长2 500米、宽100米，跑道方向142°、322°。各项保障设施齐备，可供各型作战飞机全天候起降。

（黄 津）



Chita

赤塔 (Chita) 俄罗斯联邦赤塔州首府，空军基地。位于西伯利亚东南部，赤塔河与音果达河交汇处，贝加尔湖东约600千米处，东南距中国满洲里约400千米，北纬52°03′，东经113°35′。人口31.15万(1998)。市区坐落在河谷中，被河流分割成数块，四周青山环绕，主体部分在赤塔河北岸。属典型的大陆性气候，冬季漫长、严寒、低温多雪，夏季高温多雨。平均气温：冬季－26.6℃，夏季18.7℃。年均降水量324毫米。1653年哥萨克人在此建立越冬营地。1690年扩建为要塞。1851年正式设市。19世纪末，西伯利亚大铁路修建到此，城市随之迅速发展。1920～1922年为远东共和国首都。1937年起为赤塔州首府。现为贝加尔湖以东地区大型工业中心和东西伯利亚地区交通枢纽。主要工业有机械制造、冶金、木材加工、轻工、食品加工等。



赤塔周边有4个机场。卡达拉国际机场位于该市西南14千米处，北纬52°01′，东经113°17′，标高692米。有水泥混凝土跑道两条，跑道方向均为101°、281°。一条跑道长2 900米、宽70米；另一条跑道长2 800米、宽100米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。赤塔北军用机场位于该市北10千米处，北纬52° 07′，东经113° 32′，标高740米。有水泥混凝土跑道两条，一条跑道长1 200米，方向47°、227°；另一条跑道长1 100米，方向0°、180°。多姆诺军用机场位于该市西南28千米处，北纬51° 55′，东经113° 08′，标高695米。有水泥混凝土跑道一条，长2 100米，跑道方向135°、315°。各项保障设施齐备，可供各型作战飞机全天候起降。赤塔西北机场为军用运输机机场，北纬51° 05′，东经113° 31′。有跑道两条，跑道方向均为135°、315°。一条水泥混凝土跑道，长2 900米、宽60米；一条土质跑道，长2 200米、宽70米。（赵卫忠）

Fuladiwosituoke

符拉迪沃斯托克（海参崴） (Vladivostok) 俄罗斯联邦远东地区太平洋沿岸最大港口城市，滨海边疆区首府，西伯利亚大铁路和北方海上航线终点站，海、空军基地。位于穆拉维耶夫—阿穆尔半岛南端，北纬43° 07′，东经131° 53′。靠近中国边界，西南距朝鲜约160千米，东距日本北海道岛约640千米。面积561.54平方千米，人口64万(1999)。三面环山，一面向海。属温带季风气候，夏季多雨，冬季多为晴朗天气。平均气温：全年4℃，1月－15℃，7月24℃。年均降水量690毫米。

原属中国领土，称海参崴。1860年中



俄《北京条约》签订后被沙俄割占。1872年建军港。1888年成为沙俄海滨省行政中心。第二次世界大战期间，是苏对日作战的重要基地。战后，进行大规模扩建，现为俄联邦海军太平洋舰队最大基地和舰队司令部驻地。港区主要由金角湾和俄罗斯岛沿岸港湾组成，可停靠万吨级战舰。主要工业有修船造船、炼油、建材及鱼类和食品加工。拥有15个研究所和俄联邦科学院远东分院。


金角湾

市郊有1个国际机场、3个海军机场和4个空军机场。克涅维契国际机场是远东重要的国际航空港之一，与海军合用，位于符拉迪沃斯托克市以北35千米，北纬43° 24′，东经132° 09′，标高13米。有两条水泥混凝土跑道，一条跑道长3 500米、宽60米，方向70°、250°；另一条跑道长1 100米，方向0°、180°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。谢德洛维德内码头海军机场位于罗曼诺夫卡西10.5千米处，北纬43° 15′，东经132° 20′，标高15米。有一条水泥混凝土跑道，长2 600米、宽60米，方向20°、200°。新涅日伊诺海军机场位于罗曼诺夫卡东10.5千米处，北纬43° 13′，东经132° 35′，标高81米。有一条水泥混凝土跑道，长2 000米、宽60米，方向115°、295°。尼科拉耶夫卡海军机场位于尼科拉耶夫卡东南6.5千米处，北纬43° 05′，东经133° 11′，标高25米。有一条水泥混凝土跑道，长2 000米、宽70米，方向36°、216°。乌格洛沃耶空军机场位于乌格洛沃耶西北6千米处，北纬43° 21′，东经132° 03′，标高20米。有一条水泥混凝土跑道，长2 000米、宽60米，方向35°、215°。诺沃罗西亚空军机场位于斯莫利亚尼诺沃东北10千米处，北纬43° 20′，东经132° 33′，标高120米。有一条水泥混凝土跑道，长2 000米、宽40米，方向96°、276°。加连基空军机场位于加连基东北8千米处，北纬44° 06′，东经131° 48′，标高96米。有两条水泥混凝土跑道，一条长3 000米，方向18°、198°；另一条长2 550米，方向15°、195°。沃兹维仁卡空军机场位于沃兹维仁卡西北2.5千米处，北纬43° 55′，东经131° 55′，标高40米。有一条水泥混凝土跑道，长3 100米、宽80米，方向25°、205°。

（赵卫忠）

Habaluofusike

哈巴罗夫斯克(伯力) (Khabarovsk)

俄罗斯联邦远东地区边境港市，哈巴罗夫斯克边疆区首府，远东军区司令部驻地，空军基地。位于乌苏里江与黑龙江阿穆尔河交汇处东岸，与中国黑龙江省抚远县隔江相望，北纬48° 27′，东经135° 06′。面积130平方千米，人口61.35万(2001)。城市沿阿穆尔河畔绵延40千米，山环水绕。属温带季风气候，平均气温：1月－16℃，7月21℃。年均降水量672毫米。原为中国领土，称伯力。1858年沙俄侵入黑龙江下游时建为军事哨所，改称哈巴罗夫卡。1860年中俄《北京条约》签订后被沙俄割占。1880年设

市，1893年改称哈巴罗夫斯克。现为远东地区最重要的工业基地，主要工业有机器制造、炼油、金属加工、木材加工等。生产飞机、导弹船舶和动力设备等。远东最大的铁路、航空交通枢纽和最大的河港，数条公路干线的交会点。远东教育、科学、文化中心之一，有大学生城之称。

该市附近有6个机场。哈巴罗夫斯克国际机场是仅次于莫斯科和圣彼得堡的全俄第三大航空港，远东地区最大的航空枢纽。距市区东北10.5千米，北纬48°31′，东经135°11′，标高75米。有两条跑道，方向均为54°、234°，左跑道为沥青混凝土跑道，长3 500米、宽45米；右跑道为水泥混凝土跑道，长4 000米、宽60米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。哈巴罗夫斯克机场为军民共用机场，位于城东3千米处，北纬48°28′，东经135°09′，标高61米。有两条水泥混凝土跑道，长分别为2 350米、1 750米，跑道方向均为45°、225°。哈巴罗夫斯克备用机场，北纬48°32′，东经135°11′。有两条水泥混凝土跑道，一条长2 500米、宽88米；另一条长4 300米、宽80米，可容纳大型运输机100架。第十地段空军机场，位于该市东南23千米处，北纬48°25′，东经135°25′，标高46米。有一条水泥混凝土跑道，长2 350米，跑道方向45°、225°。彼腊菲尔德空军机场，位于彼腊菲尔德南2.5千米处，北纬48°24′，东经132°47′，标高76米。有一条水泥混凝土跑道，长2 400米、宽45米，方向95°、275°。涅克拉索夫卡机场，位于该市东南12千米处，北纬48°23′，东经135°13′，标高61米。有两条跑道，长分别为2 000米、1 100米，方向均为43°、223°。 （张利东）



Pingrang

平壤 (Pyongyang) 朝鲜民主主义人民共和国首都。位于朝鲜西北部，北纬39°01′，东经125°45′。大同江横跨市区。北倚大圣山，东南低平宽阔。西距海岸约100千米。平均海拔84米。辖18个区，4个郡。市区面积2 629平方千米，人口200多万(2001)。大陆性气候，四季变化明显。年均气温9.7℃，最低气温-13℃，最高气温29℃。年均降水量1 053.3毫米。城市始建于公元前1122年。有记载历史始于公元前108年。公元427年高句丽从集安迁都至此，公元918～1329年为高句丽王朝第二国都。1948年9月，朝鲜民主主义人民共和国成立，定为首都。



平壤是朝鲜政治、经济、文化中心和交通枢纽。朝鲜战争期间(1950～1953)，该城90%被毁。战后重建为一座规划有序的现代化城市。朝鲜劳动党中央委员会和政府所在地。工业以机械制造、建筑材料、冶金、化工、纺织、煤炭、车辆、机电设备、日用品和食品加工为主。市内有30多所高等院校和科研机构。著名的大学有金日成综合大学、人民经济大学、金策工业综合大学。铁路公路四通八达，国内主要铁路公路干线在此交会。铁路通往新义州、元山、海州、惠山、南浦、得川、罗津、满浦、开城等。国际铁路通往北京、莫斯科。高速公路与南浦、元山、开城等连接。通过大同江与南浦港有客货航运。市内交通发达，有40余条公交线路，地铁全长34千米。军事机构有人民军武装力量部、空军司令部、海军司令部、坦克司令部、人民警备队司令部、护卫总局等。军事院校有金日成军事综合大学、万景台革命学院、综合炮兵学校等。顺安机场是朝鲜唯一的国际机场，也是空军基地。位于平壤北32千米的顺安郡西，北纬39°12′，东经125°40′。1953年修建，几经改建。水泥混凝土跑道，长2 600米、宽100米，方向10°、190°。建有民航指挥中心和军用指挥所，机场可供大型民航飞机和朝鲜空军各型飞机昼夜使用。机场周围部署高炮部队并建有防弹墙和伪装。美林空军基地，位于平壤东，北纬39°01′，东经125°50′。建于日本占领时期，后几经扩建。水泥混凝土跑道，长2 400米、宽60米，方向为80°、260°，为朝鲜主要运输机场，战时可进驻歼击机。



平壤一瞥 孙树清摄

（蔡 凡）

Xinyizhou

新义州 (Sin'ui ju) 朝鲜民主主义人民共和国西北部边境重要的工业城市和




汉城市景

北部铁路交通枢纽，空军基地，平安北道首府。北纬40°04′，东经124°25′。西距鸭绿江入海口40千米，隔江与中国丹东相望。面积147平方千米，人口50多万(2001)。四季变化明显，年均气温在8～12℃之间。年降水量约1 000毫米。有义州机场和新义州机场。义州机场位于城东12千米，北纬40° 09′，东经124° 30′。建于1951年，跑道方向40°、220°，混凝土结构，长2 400米、宽60米，西侧有一条长2 800米、宽100米土质迫降场。建有飞机洞库和各项保障设施，可容纳飞机100架。新义州机场位于城东南，一条土石结构跑道，长1 300米、宽50米，跑道方向为30°、210°，可起降小型运输机。

（郝　胜）

Hancheng

汉城 (Seoul)　韩国首都，特别市。位于韩国西北部，汉江下游，北纬37° 33′，东经126° 58′。市区呈长方形，东西略长，面积605.77平方千米，人口1 200万(2004)。设有25个区。地处山脉围绕的盆地，汉江自东向西横贯市区，江宽1～2千米，有清溪川、汉川等支流汇入，南北市区之间有20座公路、铁路桥相连接。属温带大陆性气候，年气温差别较大，最低气温－25.4℃(1月)，最高气温25.4℃(8月)，年均降水量1 369.8毫米。公元前18年，百济开始在此筑城，称慰礼城。公元474年，高句丽在此设北汉山郡，先后称谓汉山州、杨州、南京、汉阳府等。1394年12月，李氏王朝将首都由开城迁移至此，始称汉城府。1910年日本吞并朝鲜半岛后，改称京城府，1946年8月15日恢复汉城旧名，同年9月单独设市，1948年8月定为韩国首都，1949年8月15日建立汉城特别市。

汉城是韩国的政治、经济、文化中心和交通枢纽。韩国各类中央行政机构，各党派团体的中央机关、大型企业的总部，外国驻韩使领馆及韩国主要新闻媒体均设此地。工业以出口加工和劳动密集型产业为主，有纺织、服装、造纸、印刷、电子、精密机械和食品等，整体科技水平较高。汉城也是韩国最大的商业中心。文化体育设施齐全，有国立汉城大学、高丽大学和延世大学等大专院校。市区交通发达，地铁线路有4条，北达议政府市，西达仁川市，南达水原市。铁路有京釜、京原、京仁等线。公路通往各主要城市，高速公路与仁川、釜山、江陵等城市相连接。

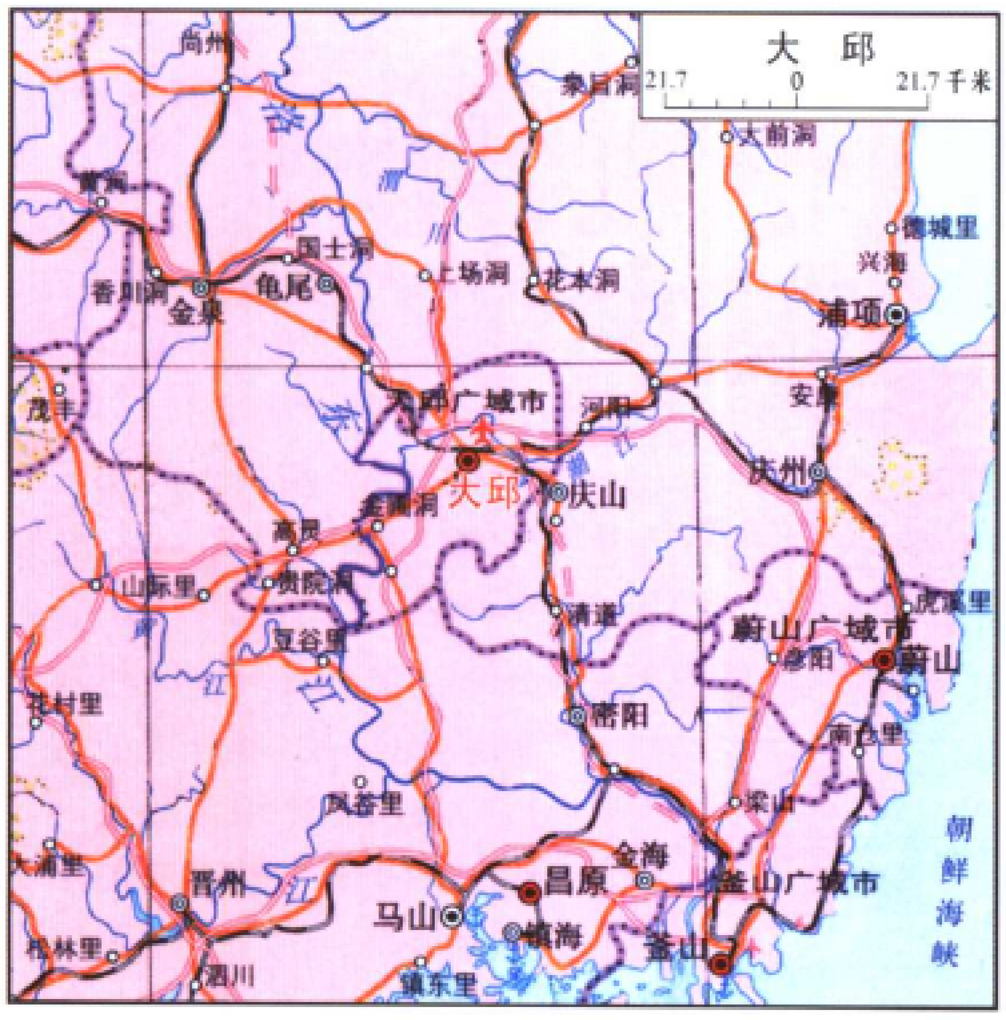


汉城也是重要的军事要塞，周围50千米范围内有4个大型机场。位于仁川市永宗岛和龙游岛之间的仁川国际机场，距汉城市中心52千米，北纬37° 28′，东经126° 27′，是韩国最大的国际航线中心机场。有两条平行跑道，均长3 750米、宽60米，方向150°、330°，各类保障设施齐全，停机坪可同时停放大型客机155架，年起降能力为17万架次，有50余条空中航线和210余个航班与国际五大洲相通。位于汉城市江西区的金浦机场，距市中心26千米，北纬37°33′，东经126° 07′，是韩国最大的国内航线的中心机场。有两条跑道，一条长3 600米、宽45米，方向20°、200°；另一条长3 200米、宽60米，方向10°、190°。各类保障设施齐全，可供大型飞机全天候使用。市区中心东南18千米有城南机场，又称新村里空军基地，北纬37°26′，东经127° 06′，有两条跑道，主跑道长2 970米、宽46米。市区中心以南30千米有水原机场，北纬37°14′，东经127° 00′，是韩国西部沿海地区的大型空军基地。有两条跑道，均为长2 743米、宽46米，方向150°、330°，可保障战斗机和大型军用飞机起降。

（林　宁）

Daqiu

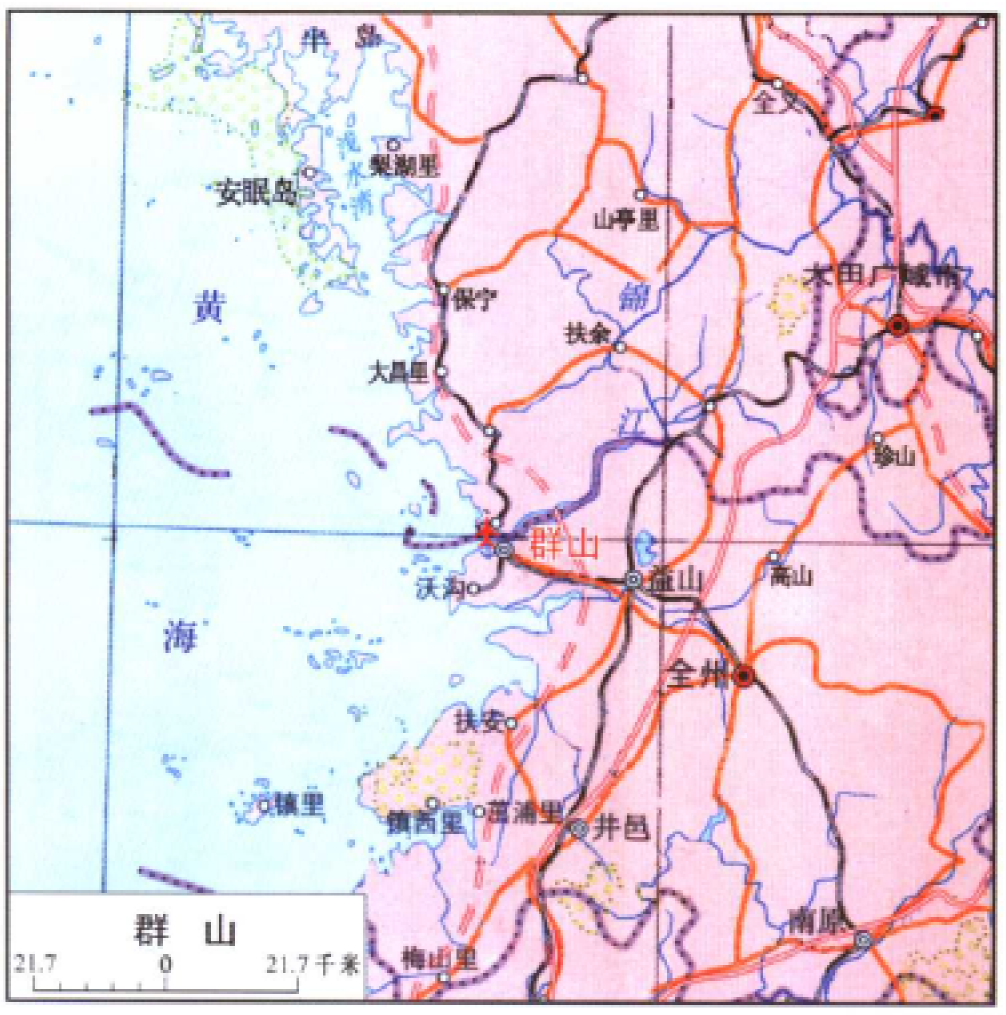
大邱 (Taegu) 韩国庆尚北道道厅所在地，广域市，空军基地。韩国东南地区政治、经济、文化和交通中心，全国最大纺织工业城和三大商业城市之一。位于韩国东南部洛东江与琴湖江汇合处东侧的大邱盆地中部，北纬35° 52′，东经128° 35′。最低气温－20℃、最高气温39.4℃，年均降水量1 030.6毫米。古称达丘、达弗。公元757年改称大邱。1419年建郡，1910年称府，1949年设市。朝鲜战争期间，韩国曾临时迁都于大邱。1981年升格为直辖市，1995年直辖市改称广域市。设有7区1郡，面积885.6平方千米，人口248.7万(1998)。市区西部有重要的达城铜矿，大邱纺织工业区内有1 000多家工厂，约占全国纺织业的60%。铁路、公路、航空运输发达。设有庆北、永南等大学。



大邱空军基地位于市中心东北6.7千米的琴湖江北岸，周围多丘陵。基地有军民两用机场，北纬35° 53′，东经128°39′，标高35米。跑道长2 745米、宽45米，方向130°、310°，通信导航及夜航等设施齐全，可供各型飞机昼夜间起降。基地由日军修建，朝鲜战争中是美空军主要的轰炸机基地。民航飞机与汉城、光州、釜山、晋州、浦项等市有定期航班。 (朱洪亮)

Qunshan

群山 (Kunsan) 韩国西南部港口城市，空军基地。位于全罗北道锦江入海口，北纬35° 58′，东经126° 41′。朝鲜李氏王朝时在此建有众多贡米仓库，俗称群仓，后因周围有车岭山脉的余脉环绕而改称群山，1911年设群山府。1949年设市。有造船、纺织、造纸及食品等工业。人口27.2万(1995)。濒临黄海，是水陆空交通要冲。位于市中心西南10千米处的群山空军基地为军民共用机场，是韩国空军和驻韩美空军的重要基地，占地10平方千米。机场始建于1938年，北纬35° 54′，东经126° 37′，标高10米，有跑道两条，一条长2 743米、宽46米，方向80°、260°；一条长2 440米、宽43米。各类保障设施齐全，可供各型飞机全天候使用。驻有韩国空军战斗机部队和驻韩美空军战斗机部队，有军职人员2 511人，文职人员48人(2004)。1992年兼作民航机场。 (刘挺进)



Dongjing

东京 (Tokyo) 日本国首都。位于本州岛东南部，濒临东京湾，包括海上伊豆诸岛、小笠原群岛、硫黄列岛，面积2 187平方千米，人口约1 238万(2004)，其中市区面积590平方千米。东京地处关东平原南端，东西长90千米，南北宽25～30千米。西高东低，多坡多川。西部为山地，最高的云取山海拔2 018米。中部是海拔200米左右的丘陵。东部多海拔150～200米和20米以下的台地和冲积平原。河流有多摩川、隅田川、中川等。属温带海洋性季风气候，冬季气候温和，夏季湿热。年平均气温为16.9℃，最高气温38.3℃，最低气温－9.4℃。年降水量约1 460毫米。

1457年以前东京为小渔村，称江户。1603年后为“幕府”所在地，日渐繁荣。18世纪初，人口已达百万。1868年成为首都，改称东京。1923年曾遭关东大地震破坏。1943年改称东京都。1945年美军轰炸后重建和扩建。为全国政治、经济、文化和交通中心。全国60%的大公司和1/3的银行集中于此。主要工业有印刷出版、电子、电机、运输机械、食品加工和精密机械。海港进出口总值亦居全国前列。交通发达，除新干线和高速公路外，地下还分布有四通八达的15条地下铁路网。东京集中全国1/3的大学，有东京大学、早稻田大学、中央大学等70所大学。

东京附近有3个机场。东京国际机场(羽田机场)位于东京都大田区羽田町，北纬35° 32′，东经139° 46′，标高4.5米。占地4.36平方千米。有水泥混凝土跑道3条，其中两条长3 000米，一条长2 500米，宽均为60米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。新东京国际机场(成田机场)位于该市东北65千米处的千岁县成田市三里，北纬35° 45′，东经140° 23′，标高41米。占地10.6平方千米。有跑道两条，一条沥青混凝土跑道，长4 000米、宽60米，方向160°、340°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降；另一条跑道长2 180米，只适用中、小型飞机起降。横田机场位于



东京一角 阮 勇摄



该市西北35千米的多摩郡福生町，北纬35°44′，东经139°20′，标高159米。占地7平方千米。有一条水泥混凝土跑道，长3 350米、宽60米，方向180°、360°。最大容机量90架。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

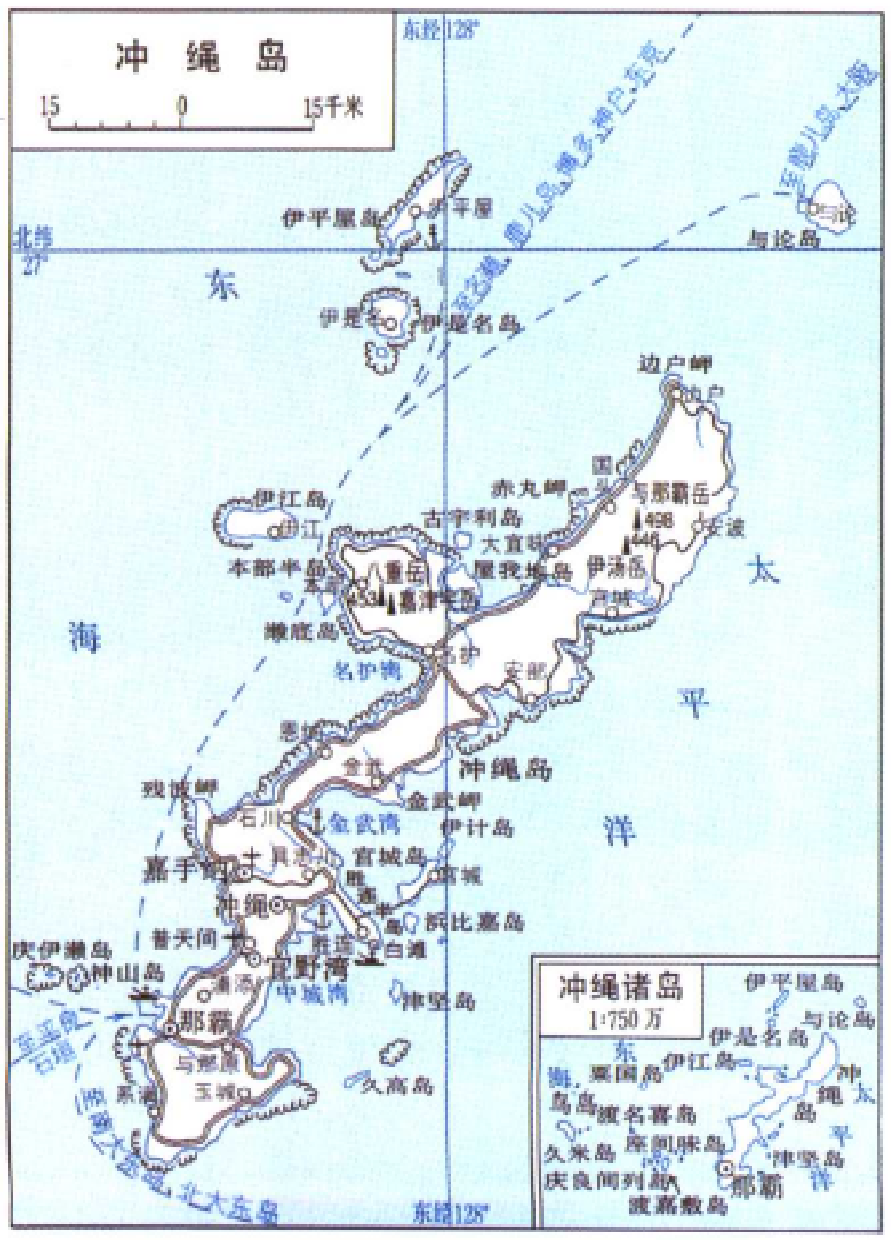
（宋 玲）

Chongsheng Dao

冲绳岛 (Okinawa-jima) 日本国冲绳群岛的主岛，重要的军事基地。北纬26°30′，东经128°00′。西隔东海与中国大陆相望，处于日本九州岛和中国台湾省之间，琉球群岛中部，为日本南方的前哨，西太平洋海空交通要冲，战略地位重要。岛形狭长，东北—西南走向，长105千米，最宽处31千米，最窄处3千米。面积1 300多平方千米。那霸是冲绳岛第一大港口，冲绳县首府，位于冲绳岛南部西岸，濒东海的那霸湾，面积37.17平方千米，为冲绳群岛经济、文化和交通中心，日本陆上自卫队、海上自卫队和航空自卫队联合基地所在地。冲绳岛北部地势崎岖险峻，山上灌木林茂密；南部地势低平，居民、耕地和军事基地集中于此。海岸线曲折，珊瑚礁环绕。属亚热带海洋性气候，温暖湿润，为常夏岛。农业主产甘蔗、凤梨、稻米，渔业颇盛；工业以食品加工为主。岛上交通发达，公路总长865千米，纵横全岛，中、南部更为稠密。空中航线可通夏威夷群岛、马尼拉和日本本州等地。

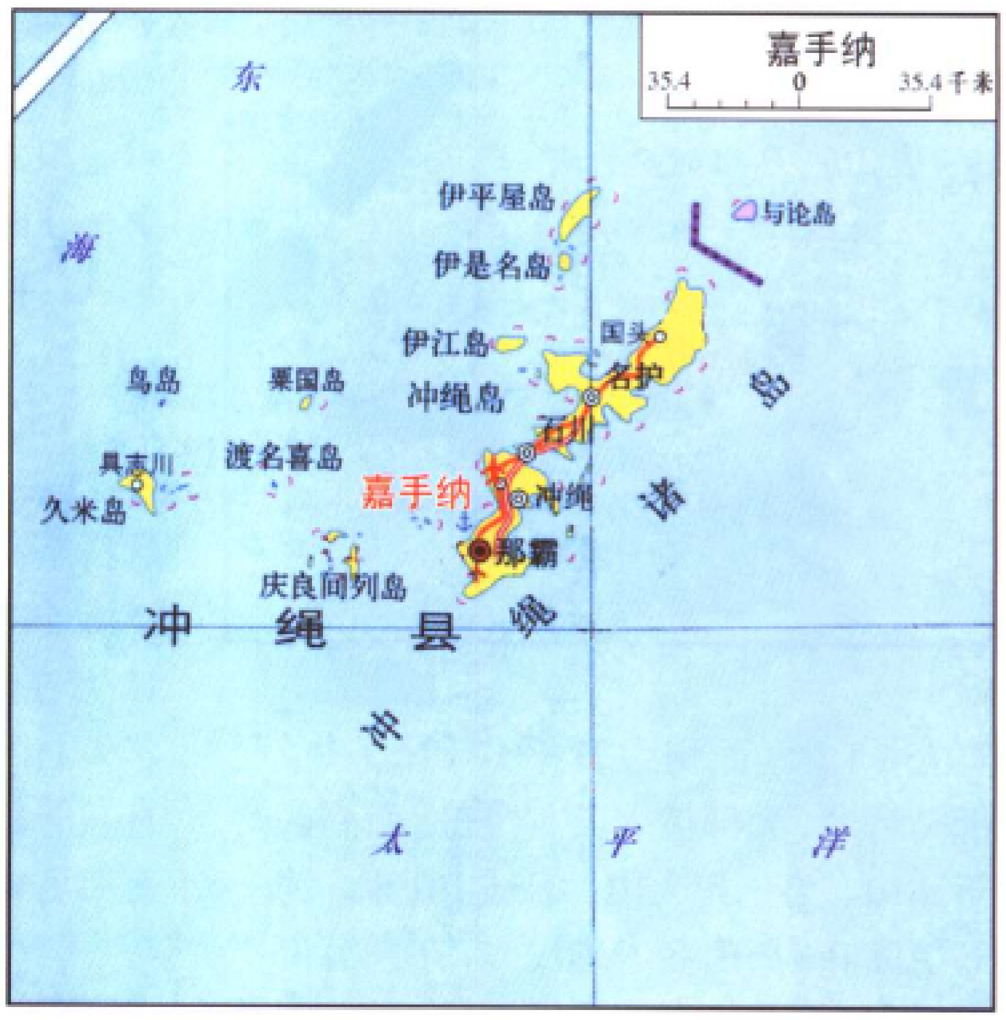
冲绳岛1372年起成为中国藩属，1609年被日本征服，1879年日本设冲绳县后正式成为日本领土。1945年6月，美军占领硫黄岛后，为掌握琉球群岛附近海域的制海制空权，并用作进攻日本本土的基地，在冲绳岛进行了代号为“冰山”的冲绳岛战役。战后，美军在冲绳岛大规模修建和扩充军事基地，使之成为驻西太平洋地区美军的重要军事基地，远东地区岛屿锁链的重要一环。美军曾在朝鲜战争及越南战争期间使用冲绳基地。1951年9月，日美签订的《旧金山和约》规定，日本把冲绳岛交给美国托管。1972年5月15日，根据日美1971年6月17日签订的“归还冲绳”协定，美国将冲绳岛施政权正式归还日本，但美军继续使用岛上基地及设施。岛上有那霸、嘉手纳空军基地，白滩普天间海军基地和防空导弹基地。其中，嘉手纳是美国驻远东最大的空军基地，有两条水泥混凝土跑道，长均为3 700米，宽分别为90米、60米。那霸和普天间机场的跑道均为水泥道面，长分别为3 000米、2 745米，宽均为45米。

（常建海）



Jiashouna

嘉手纳 (Kadena) 日本国冲绳岛上一个市，美国驻远东最大的空军基地。美国冲绳基地群的核心，历来是战略空军的前进基地，具有重要的战略地位。现由美空军、海军和陆战队共用，驻有军职人员8 000人，文职人员1 300人(2004)。基地位于日本冲绳岛西岸、嘉手纳市东南郊，北纬26°21′，东经127°46′，西南距那霸市20余千米。濒临东海，面积45平方千米。属亚热带海洋性气候，平均气温：1月16℃、7月28℃，年均降水量2 118毫米。机场有两条混凝土跑道，

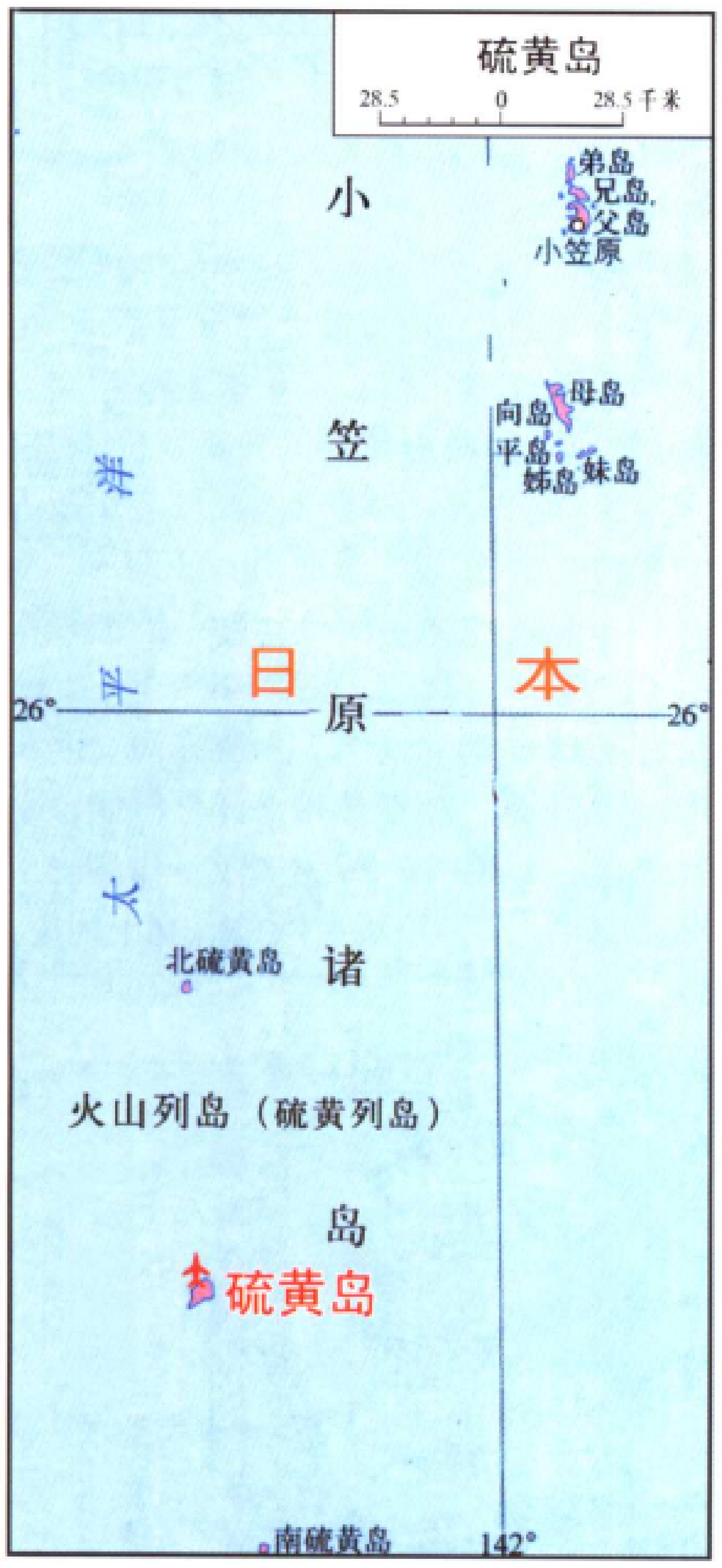


长均为3 700米，宽分别为90米和60米，标高44.5米，各种保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。机场是日本在第二次世界大战期间修建，1945年被美军占领，1955～1957年美军扩建为设备完善的轰炸机基地。从60年代初成为美战略侦察机和空中加油机基地。朝鲜战争和越南战争期间，经常有战略轰炸机起降。

（王卫平）

Liuhuang Dao

硫黄岛 (Iwo-jima) 西太平洋火山列岛中的主岛，属日本国领土。日本航空自卫队和海上自卫队航空兵训练基地。位于小笠原群岛以南，马里亚纳群岛以北，北纬24°47′，东经141°20′。地处东京、关岛和冲绳岛大致等距的位置上，为日本南方海上交通要冲。长约9千米，最



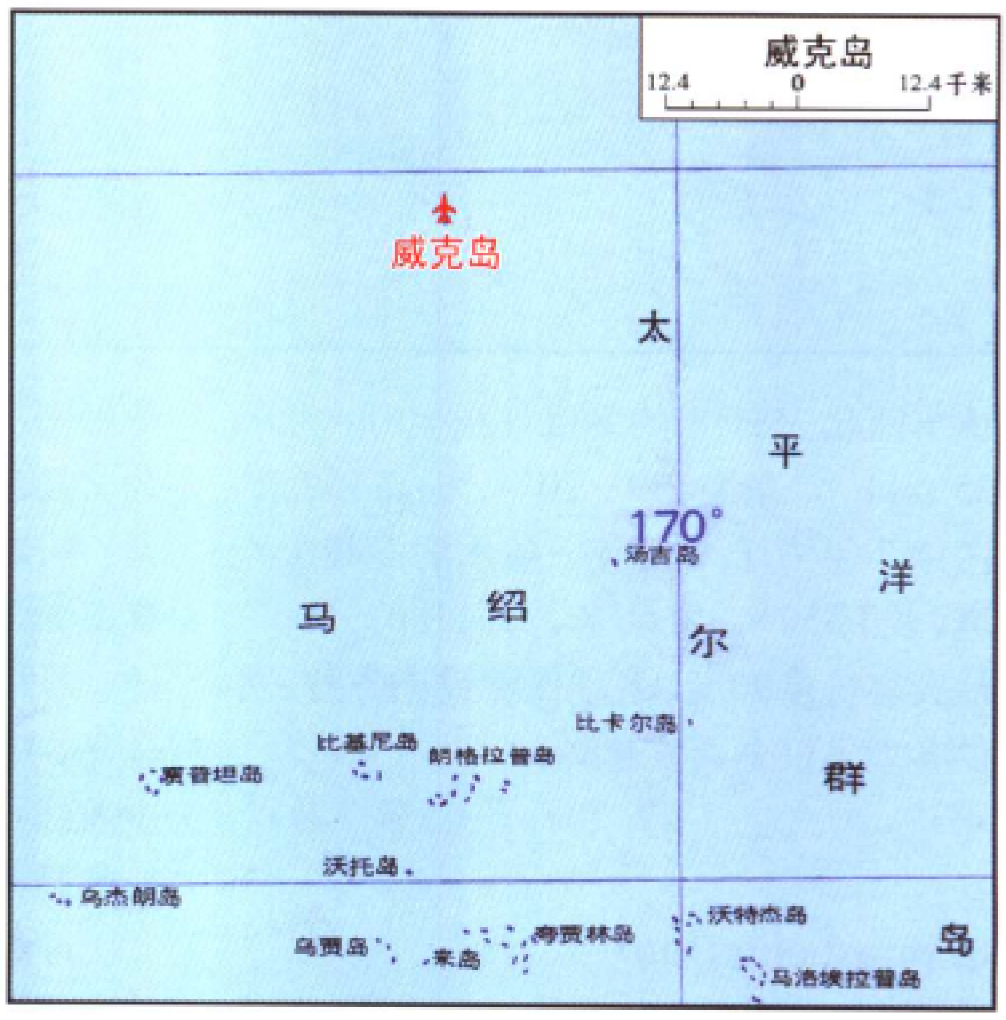
宽处4千米，面积约21平方千米。中、北部为台地，大部被火山灰覆盖。西南部的折钵山，为一死火山，海拔161米，为全岛最高峰。周围多岩礁浅滩，东南海岸便于登陆。属亚热带海洋性气候，最高气温约34℃，最低约7℃，年均降水量1 524毫米。产椰子、可可、香蕉、鱼类等。

硫黄岛1891年正式隶属日本，1944年后逐渐建为空军基地。1944年8月美军占领马里亚纳群岛后，硫黄岛成为日军在中太平洋的前哨阵地。1945年2月，美军占领并管辖该岛。1968年归还日本。1981～1986年为日本航空自卫队和海上自卫队的航空训练基地。该岛中央耸立着远程无线电导航系统的天线，铁塔高411米。南岸西部有硫黄岛港，可泊2 000吨以下船只。岛上机场跑道长2 650米、宽60米，沥青道面。各种保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。日本航空自卫队战斗机和海上自卫队反潜巡逻机驻在该机场，作为加强东南海上航线护航作战基地。

（张润生）

Weike Dao

威克岛 (Wake Island) 西太平洋密克罗尼西亚群岛中的珊瑚岛，美国“未合并的领土”，空军基地。位于北纬19°18′，东经166°35′，平均海拔4.3米。东距夏威夷群岛的火奴鲁鲁(檀香山)3 700千米，西距关岛2 060千米，为横穿太平洋海、空航线的中间站，战略地位十分重要。由威克、威尔克斯和皮尔3个小珊瑚礁岛组成，呈“V”字形，各岛间有堤坝和桥梁连接，中间泻湖为火山口，其西北为堤状珊瑚礁环绕，形成天然良港。威克岛最大，地形由海边向泻湖倾斜，陆地面积6.5平方千米。无常驻居民，只有300多名美军和一些承包商(2002)。缺淡水，饮用水主要靠蓄积雨水和蒸馏水。属热带雨林气候，常年盛行东风和东北风。平均气温：1月25.3℃，7月27.8℃。年降水量937毫米。1568年西班牙人首先发现。1796年英国W.威克船长航行至此，遂命名为威克岛。1899年起归属美国。1942年12月在太平洋战争中被日军占领。1945年9月由美国收复。1962年由美国内政部直接管辖。1972年管辖权移交空军。建有海底电缆及卫星通信设施。



空军基地位于威克岛东南部，北纬19°17′，东经166°36′。有一条沥青混凝土跑道，长3 005米、宽46米，方向100°、280°。1940年启用，1962年进行了现代化改进。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。随着飞机续航能力的提高，威克岛地位、作用有所下降，但仍然担负着穿梭于太平洋上空的美军飞机中转和补给站作用，是美空军重要的气象和作战支援基地。基地还建有美海军二级海航站，1974年起用作应急基地。现为空军空运中继站和反潜作战基地。1999年以来承担导弹拦截试验任务。

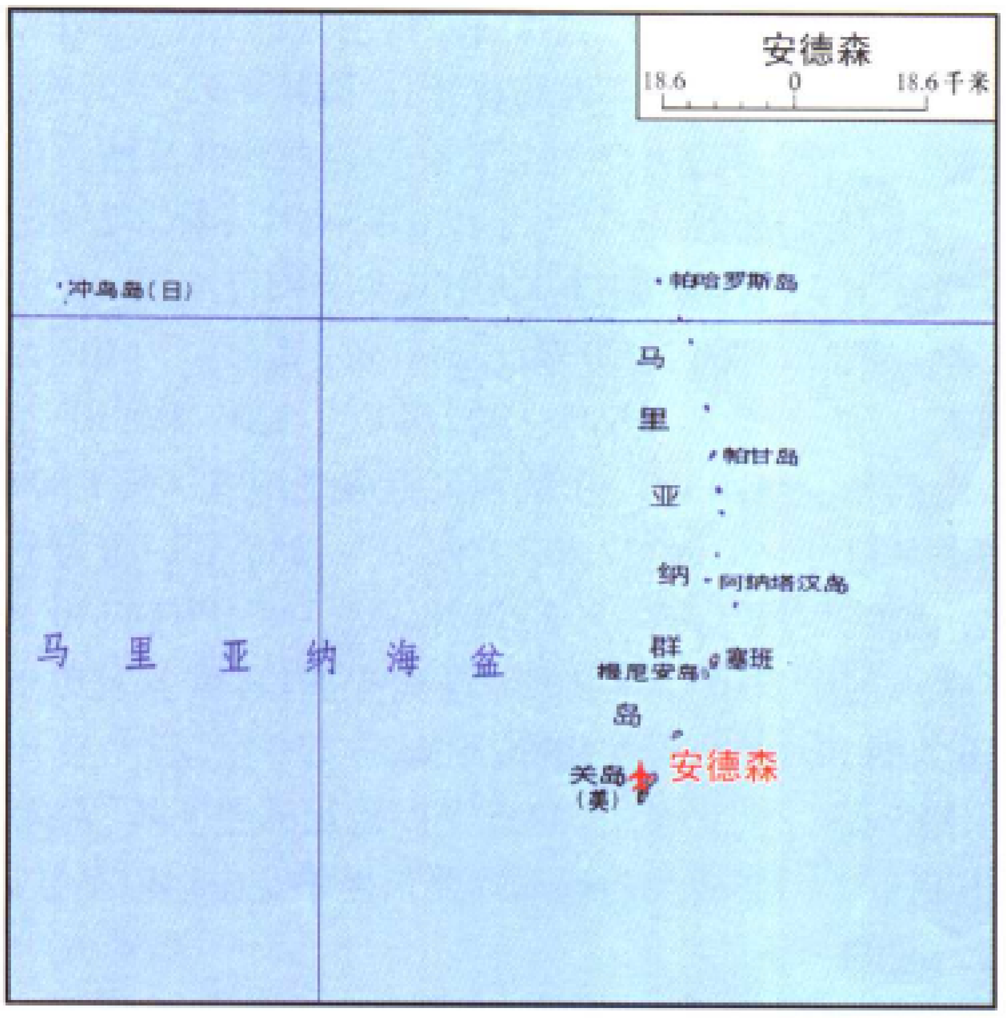
（杨 波）

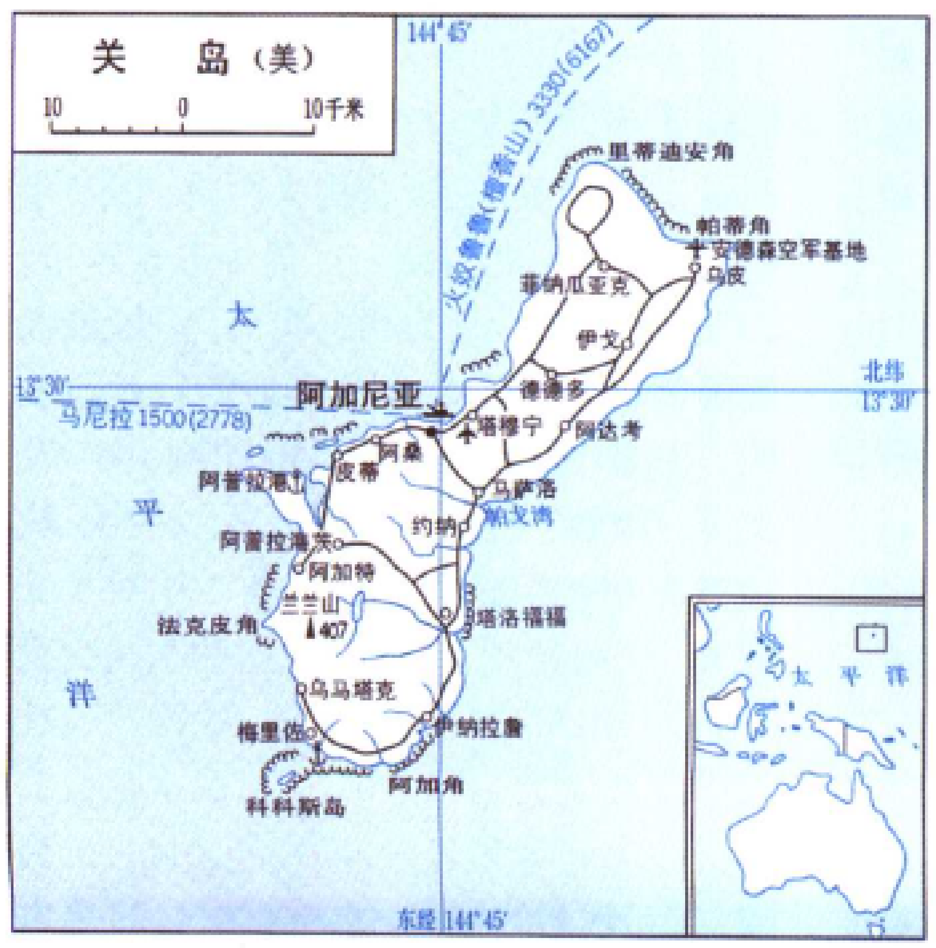


威克岛鸟瞰

Andesen

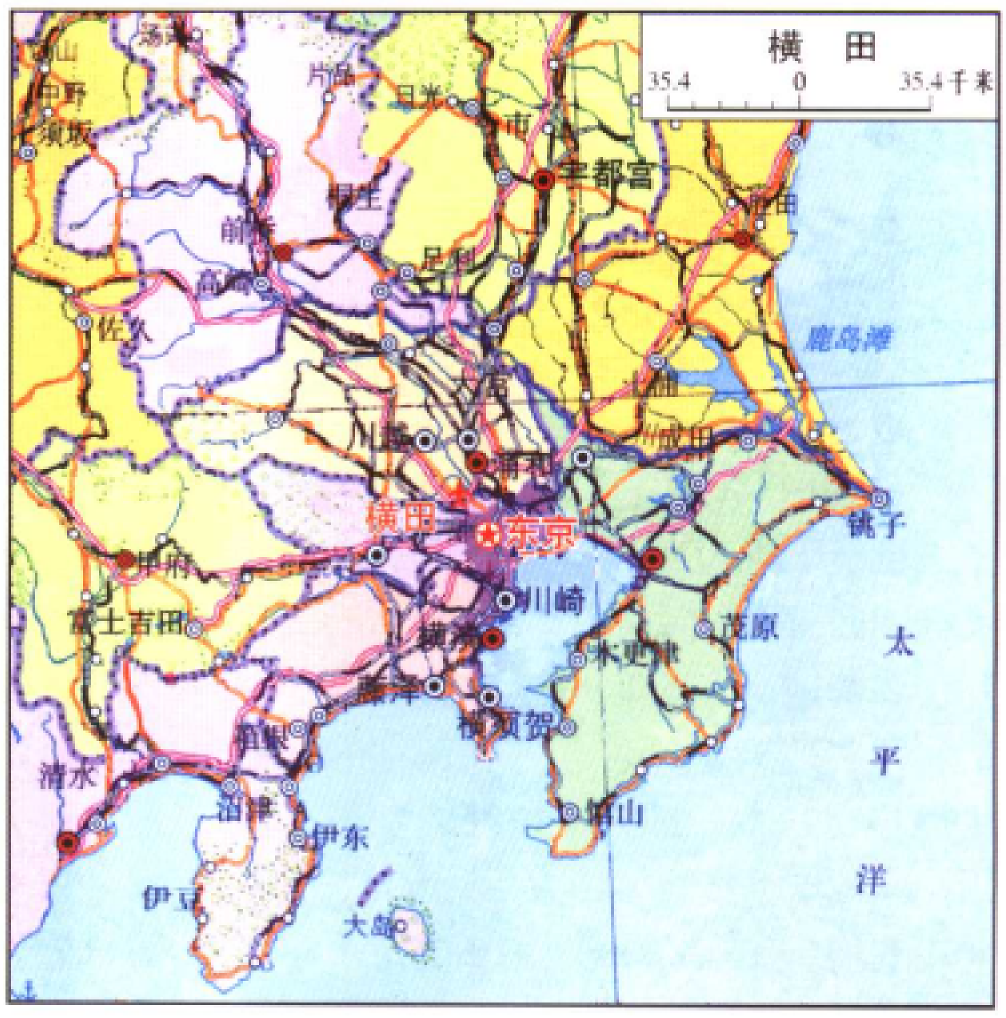
安德森　(Andersen)　美国军队在西太平洋关岛设置的空军基地。美国“未合并的领土”。位于关岛东北伊戈北3.22千米处的帕蒂角，距关岛首府阿加尼亚9.3千米，北纬13°35′，东经144°55′，标高186.54米。面积82平方千米。基地驻有美国空军军职人员2 100多人，文职人员1 560人(2004)。另还驻美海军1个直升机作战支援中队。该基地南高北低，属热带季风气候，全年气温26～27℃。年降水量2 000～2 500毫米，8、9月有台风。常有地震。关岛原为西班牙属地，美西战争后被美国占领，现由美国内政部管辖。关岛是美军在西太平洋地区的第二线基地群的中心，美太平洋总部前指所在地，战略位置十分重要。目前，关岛的军事用地约占该岛总面积的1/4，除安德森空军基地外，美海军在关岛还设有军械库，潜艇基地，军事海运司令部的分遣队司令部，太平洋司令部舰队图像中心、西太平洋海军计算中心等单位。





安德森空军基地有两条平行的水泥混凝土跑道，长分别为3 410米和3 219米，宽均为61米，方向为60°、240°。可容纳200架轰炸机。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。隶属于美太平洋空军司令部，是美空军太平洋多国部队训练中心，太平洋、印度洋作战飞机的后勤支援和前进基地。1945年底启用，以时任太平洋空军司令部参谋长J.R.安德森将军的名字命名。

（安义增）



Hengtian

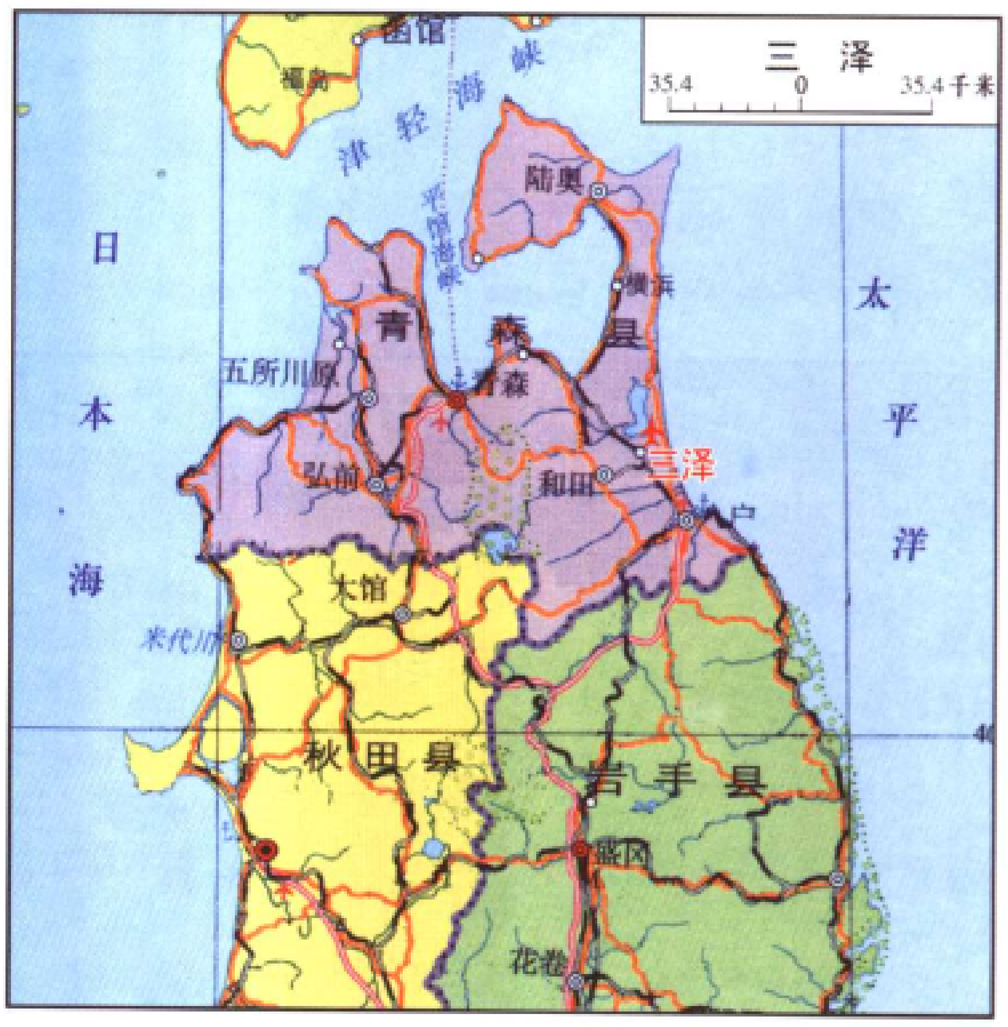
横田　(Yokota)　美国军队驻日本国司令部所在地，空军基地。位于东京西北35千米处，北纬35°44′，东经139°21′。面积34.1平方千米，人口约1.4万人(2003)。属温带海洋性季风气候，冬季气候温和，夏季湿热。年降水量1 460毫米。驻有美空军第5航空队司令部、第374运输机联队、第459医疗空运中队。驻日美军司令部大楼位于基地西南部，共五层，地上两层、地下三层，设有美军全球军事指挥控制系统，是美军在亚太地区的重要指挥枢纽。基地驻有军职人员3 414人，文职人员199人(2004)。

横田机场标高159米，占地面积7平方千米。有一条水泥混凝土跑道，长为3 350米、宽为60米，方向为180°、360°。最大容机量90架轰炸机。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。该机场1939年由日本陆军修建，称多摩机场，1945年美军接管后改为现名。后经过多次扩建，成为美空军在亚太地区重要的战斗机机场。越南战争后，为美空军在亚太地区的空运枢纽。

（宋　玲）

Sanze

三泽　(Misawa)　日本国青森县城市，航空自卫队基地。位于本州岛东北部，青森县东南部。南距东京约550千米，东濒太平洋，可扼津轻海峡，对日本西太平洋海上作战和保卫北方领空有着重要作用。



面积120.8平方千米，人口约4.3万(1997)。海拔57米，地处低丘地带，周围多水稻田，西北临小川原湖，地势平坦。三泽冬天降雪较少，多西北季风，多为晴天；春天受偏东风的影响，经常有冷空气入

侵，有时出现大雾。平均气温：1月-2℃，8月22.6℃。最低气温-24.4℃，最高36.1℃。年均降水量约1 400毫米。有铁路通本州各地。地处市西北郊的空军基地，北纬40°42′，东经141°22′，标高36.27米，面积15.6平方千米，沥青混凝土跑道，长3 050米、宽45米，方向100°、280°。各种保障设备齐备，可供各型飞机全天候起降。基地建于第二次世界大战期间，1942年起用作日本海军的试飞和训练基地。1945年9月，美国占领日本后将该基地扩建，60年代初基地的基本设施移交日本，部分设施继续供美军使用。1975年越南战争结束后，为日、美军共用基地，由美军管理，隶属美太平洋空军司令部，也供民航使用。基地驻有军职人员4 564人，文职人员122人(2004)。

（李　炜）

Henei

河内　(Ha Noi)　越南社会主义共和国首都。位于越南北部红河三角洲西北部，北纬21°02′，东经105°51′。东南距红河口100千米，东北距中国友谊关140千米，西南距老挝边界130千米。辖7个区、5个县，面积2 139平方千米，人口305.6万(2004)。城市坐落在红河冲积平原，海拔10米，地势平坦，湖泊众多，红河自西北向东南绕过市区。属热带季风气候，年平均气温23.4℃，年均降水量1 830毫米。

始建于621年，先后名为龙编、紫城、宋平、罗城、大罗城。1010年李朝创造者李公蕴从华闾迁都大罗城，改名升龙。之后，几代王朝在此建都，先后被更名为中京、东都、东关、东京、北城，直至阮朝明全十二年(1831)才易名河内(取意于环抱在红河大堤之内)。1873年被法国占领，1902年起为法属“印度支那联邦”首府。1940年9月被日军侵占。1945年9月2日越南民主共和国宣告成立，定都河内。翌年法军重占该市，1954年被迫撤离。1976年越南全国实现统一，河内仍为首都。

全国政治、经济、军事、交通和文化中心。以还剑湖为中心，主要工业有机械、电力、化工、粮食和食品加工、纺织、皮革、缝纫、陶瓷、电器、造纸和建材等。全市有32所高等院校和许多科学研究部门以及图书馆、博物馆、剧院和国家展览中心等文化设施。名胜古迹有文庙、独柱峰、二征夫人祠、还剑湖、西湖、巴亭广场等。交通便利，铁路通往海防、谅山、太原、老街、胡志明市，经谅山和老街分别与中国广西、云南的铁路相连。公路四通八达，可通往中国、老挝和柬埔寨。河内港是越南北部第一大河港，可由红河向东直通北部湾，西湖越池、安沛等地。

内排机场为军民共用机场，是越南最大的国际机场。又称永富机场。位于该市东北部、朔山县城北20千米处，北纬21°13′，东经105°48′，标高12米。有两条水泥混凝土跑道，一条长3 200米、宽60米，方向107°、287°；另一条长3 980米、宽23米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。该机场于1962年4月～1965年10月由中华人民共和国援建，几经改建，现为越防空—空军最大的基地。机场北侧润山山麓修有洞库，可容战斗机25架。驻有越防空—空军1个航空师师部和1个歼击机团。



嘉林机场为军民共用机场。又称河内机场。位于该市嘉林县城东3.6千米处，北纬21°02′，东经105°53′，标高8米。有两条水泥混凝土跑道，一条长2 050米、宽46米，方向24°、204°；另一条长1 600米、宽50米，方向124°、304°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。该机场建于法属时期，越南战争中及战后扩建3次。现驻越防空—空军1个运输机直属团。

白梅机场位于该市西南4千米的栋多郡，北纬20°59′，东经105°49′，标高6米。有一条水泥混凝土跑道，长1 200米、宽40米，跑道方向151°、331°。

和乐机场位于该市西南35千米处，为越防空—空军最大的直升机基地。北纬21°02′，东经105°29′，标高25米。有4条跑道，其中两条为钢板跑道，长分别为2 250米、2 200米，宽分别为40米、50米，方向分别为40°、220°和130°、310°；一条为水泥混凝土跑道，长1 800米、宽22米，方向75°、255°；一条为土质跑道，长2 200米、宽50米，方向130°、310°。各项保障设施齐备，可供各型直升机全天候起降。驻越防空—空军1个直升机直属团，负责支援越北部地区陆、海军作战及为越军政要员提供空中运输勤务。

（张孝田）

Huzhiming Shi

胡志明市　(Ho Chi Minh City)　越南社会主义共和国第一大城市，直辖市和港口市，重要海、空军基地。原名西贡。位于越南南方湄公河三角洲东北，西贡河下游西岸。北纬10°47′，东经106°41′。南方工业中心，重要交通枢纽，海上门户。辖6个区、5个县，面积2 056平方千米，人口392.4万(2004)。年平均气温26.9℃，年均降水量1 950毫米。地处冲积平原，市区海拔8～10米，河流纵横，多湖泊、沼泽。

原古真腊地，称柴棍。19世纪中叶法国殖民者入侵后，将柴棍译成西贡。1932年西贡和堤岸合并成立西贡—堤岸联区，简称西堤。后又与东北面的嘉定市组成西贡—嘉定市，三市合称大西贡。1975年4月30日，南、北方统一后为中央直辖市。1976年7月2日改为胡志明市。全国最大的经济商业中心，也是当地的行政、文化、军事中心。主要工业有印刷、制革、化工、橡胶、塑料、家用电器、造船、机械修配和纺织成衣业及粮食、饮料加工业等。交通便利，铁路、公路和水路交通中心。公路可通往全国各地，铁路可通往河内及其他大、中城市，还可经水路或公路通往柬埔寨和老挝。西贡港为优良的商港，又是理想的军港，水域面积1.23平方



千米，大部水深8～16米，泥底。有码头39座，可停泊1.5万吨级轮船。军港位于商港北面，有码头19座，可停泊万吨级以下舰船。属不规则半日潮港，大潮升3.8米，小潮升3.2米，流速1～3.5节。现为越海军前方司令部驻地，是越南南方舰队的主要活动基地。

新山一机场为军民共用机场，位于市中心西北4千米处，北纬10°49′，东经106°39′，标高10米。有跑道4条，其中两条为水泥混凝土跑道，均为长3 600米、宽46米，方向68°、248°；一条为沥青跑道，长3 048米、宽46米，方向180°、360°；一条为沥青混凝土跑道，长3 000米、宽46米，方向68°、248°。该机场法属时期修建，几经改建，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。有国际航线通往世界各地。现为越防空—空军主要运输机基地。驻有1个防空师、1个航空师师部另1个飞行团。

边和机场位于该市东北25千米处，北纬10°58′，东经106°49′，标高20米。有两条平行水泥混凝土跑道，均为长3 050米、宽46米，方向89°、269°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。建于法属时期，1966年美军大规模扩建，成为B-52型战略轰炸机基地。容机量为200架战斗机或45架轰炸机。现驻越防空—空军1个战斗机飞行团。

(张孝田)

Xiangang

岘港 (Da Nang)　越南社会主义共和国直辖市，重要海、空军基地。又名土伦。位于越南东海岸岘港湾东南端，岘港河河口沿岸，北纬16°04′，东经108°13′。城市面积84平方千米，市内居民36.9万(2004)。地处越南中部蜂腰地带。濒临南海，港阔水深，自然条件优越，具有重要的战略地位。属热带季风气候，年平均气温25.5℃，年均降水量2 117毫米。

1787年割让给法国，1889年印度支那总督决定设立岘港市，隶属于广南省。第二次世界大战中曾被日军占领。1947年再度被法国侵占。1965年3月美国海军陆战队登陆后，扩建成大型海、空军基地。越南战争期间，是美军对越南北方轰炸的重要空军基地。1973年巴黎协定签订后，美军撤出。1975年越南战争结束后成为广南—岘港省省会，部署越陆、海、空军部队。1979年2月，苏联海军取得驻泊权，同年4月至1980年6月，苏联海军太平洋舰队航空兵曾以岘港为起降基地赴南海执行侦察和训练任务，90年代初逐步撤离。1996年11月6日升格为直辖市。

岘港是越南中部文化名城。拥有大型海港、火车站、国际机场、卫星通信地面站、洲际海底光缆的海陆空交通运输与通信中心。交通便利，纵贯越南南北的河内至胡志明市铁路、公路经此，另有公路通往老挝。设有通往河内、胡志明市等地的国内航线和通往日本、韩国等国家和香港的国际航班。



市区周围有3个机场。岘港机场是越南中部地区重要空军基地和越南民航三大国际机场之一，位于该市西南约4千米处，北纬16°02′，东经108°12′，标高10米。有两条平行的沥青、水泥混凝土跑道，均为长3 050、宽46米，方向172°、352°，各种保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。80年代末扩建并增设自动化指挥通讯系统。大理石山军用机场位于岘港东南7千米处，北纬16°01′，东经108°14′。沥青跑道，长1 373米、宽18米，标高9米，可供轻型运输机和直升机起降。安海机场(又称山茶机场)，位于岘港以东2千米处，北纬16°04′，东经108°14′，水泥混凝土跑道长1 200米、宽30米。

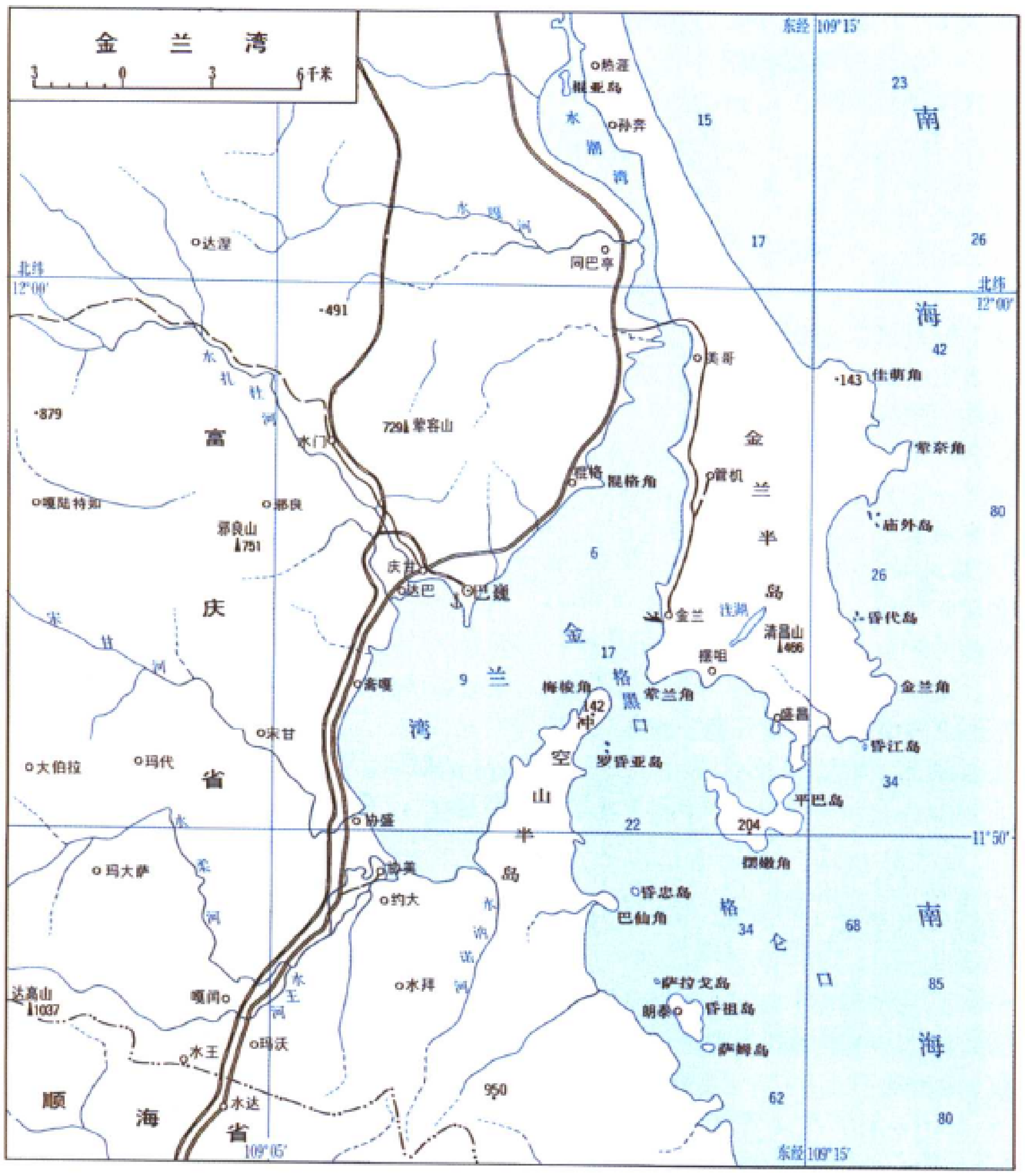
(周建平)

Jinlan Wan

金兰湾 (Cam Ranh, Vinh)　越南社会主义共和国东南部重要海、空军基地，商港。位于富庆省金兰县沿海突出部，北纬11°55′，东经109°20′。濒临南海，地处巴士海峡至马六甲海峡航线的中心，素有"东南亚心脏"之称，战略地位十分重要。港湾水域面积338平方千米，市内居民11.2万(2004)。属热带季风气候，年平均气温26℃，8～11月时有大风伴有暴雨，年均降水量1 446毫米。潮汐为不规则半日潮，潮差1.2～1.8米。

1886年金兰湾被法国殖民者占领后辟为海军基地。1935年法国在内港建成潜艇基地。1940～1944年被日本侵占，作为入侵马来西亚和印度尼西亚的重要海军基地。1945～1954年再次被法国占领。越南战争中，美国建成陆、海、空军基地和主要后勤基地。1975年越南南北方统一后，越军接管部分港口和机场。1979年5月2日，越南与苏联签订协议，苏联使用金兰湾基地。1991年苏联解体后，俄罗斯联邦军队主要作战飞机、舰艇及大部人员撤离金兰湾。越军接管部分军事设施，部署有海、空军部队。后经俄越多次谈判，于1993年5月达成协议，关于使用金兰湾基地的原协议继续生效，俄军继续留在金兰湾基地至2004年。

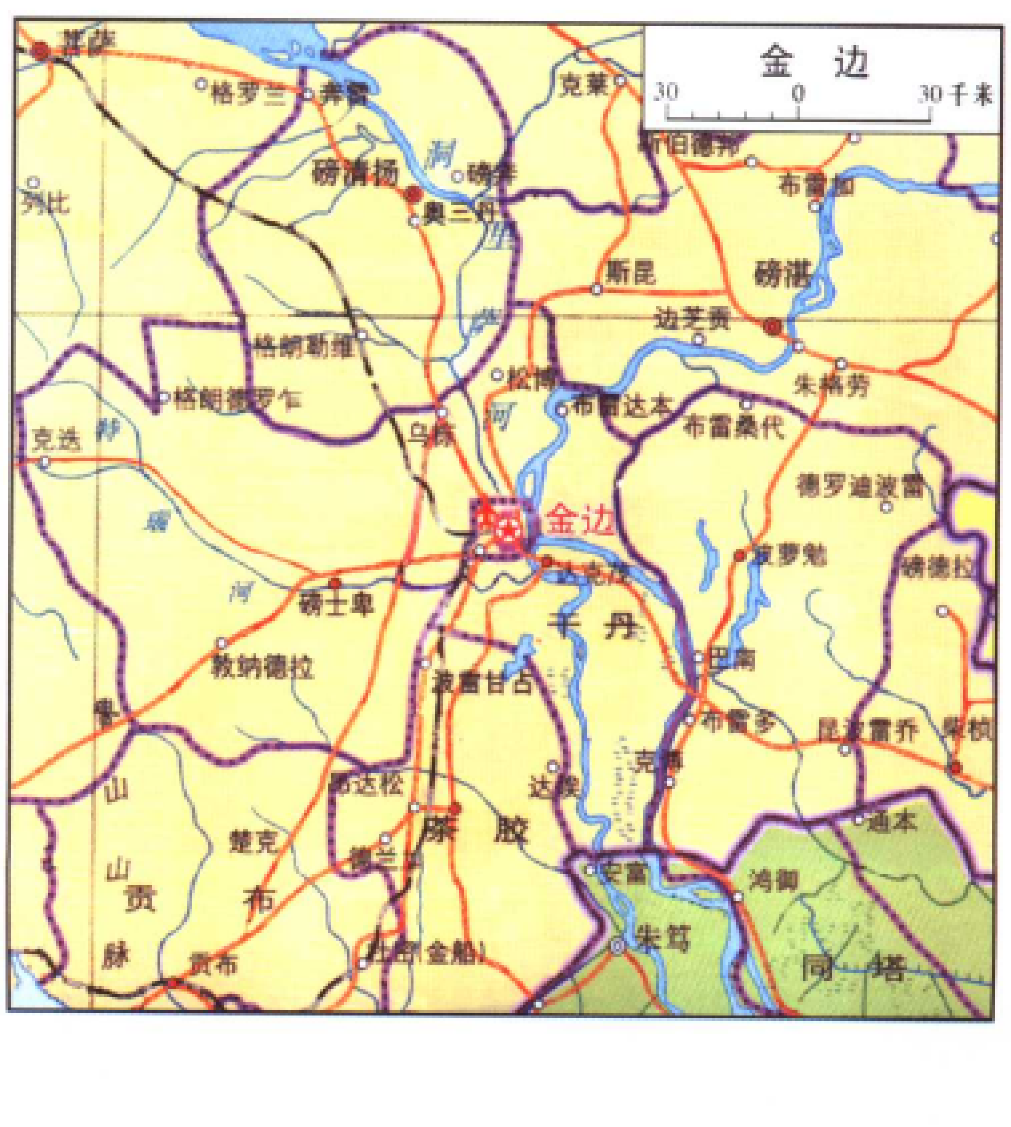
金兰镇以北约8千米处建



有空军基地，北纬11°59′，东经109°13′，标高34米。有跑道两条，一条为水泥混凝土跑道，长3 050米、宽46米；另一条为铝板跑道，长3 050米、宽31米，跑道方向均为20°、200°，最大负荷144吨。各项保障设施齐全，可供各型飞机全天候起降。建有秘密机库，配有防空导弹系统。位于金兰湾以西约8千米处为巴巍机场，北纬11°53′，东经109°06′，跑道长1 000米、宽35米，土质，负荷16吨，可供轻型运输机起降。位于金兰湾西南部还有一处简易机场，北纬11°54′，东经109°13′，跑道长793米，标高6米，可供轻型飞机和直升机起降。（易志兵）

Jinbian

金边 (Phnom Penh)　柬埔寨王国首都。位于柬埔寨南部冲积平原，洞里萨河与湄公河交汇处，北纬11°33′，东经104°55′，为中南半岛交通要冲之一，战略地位重要。辖7个县，面积287平方千米，人口110万(1998)。城市沿洞里萨河南北延伸，东边为老城，西边为新城，海拔10米以下，地势低平，多湖泊、沼泽。城北塔山可瞰制全城。属热带季风气候，全年炎热，雨量充沛。平均气温：12月(最冷月)25.8℃，4月(最热月)29.7℃。极端气温最高40.6℃。12月至翌年4月为旱季。年均降水量1 320毫米。地理、气候条件良好，经济较发达，是柬埔寨水



稻主产区之一。始建于1372年，1434年高棉王国在此建都，16世纪起都城曾迁往洛韦、乌东等地，19世纪60年代诺罗敦国王还都金边。为全国政治、经济、文化、交通中心和世界著名的旅游胜地，建有金碧辉煌的王宫。工业有造船、粮食加工、纺织、木材加工及其他轻工产业等，商贸发达。高等院校、国家图书馆、国家博物馆及大型医院集中于此。有两条铁路(米轨)，向西北经波贝直达泰国首都曼谷，向南至全国最大海港磅逊。有7条公路辐射全国，并通往越南和泰国。金边港是柬埔寨最大的河港，雨季可通5 000吨级以下轮船。

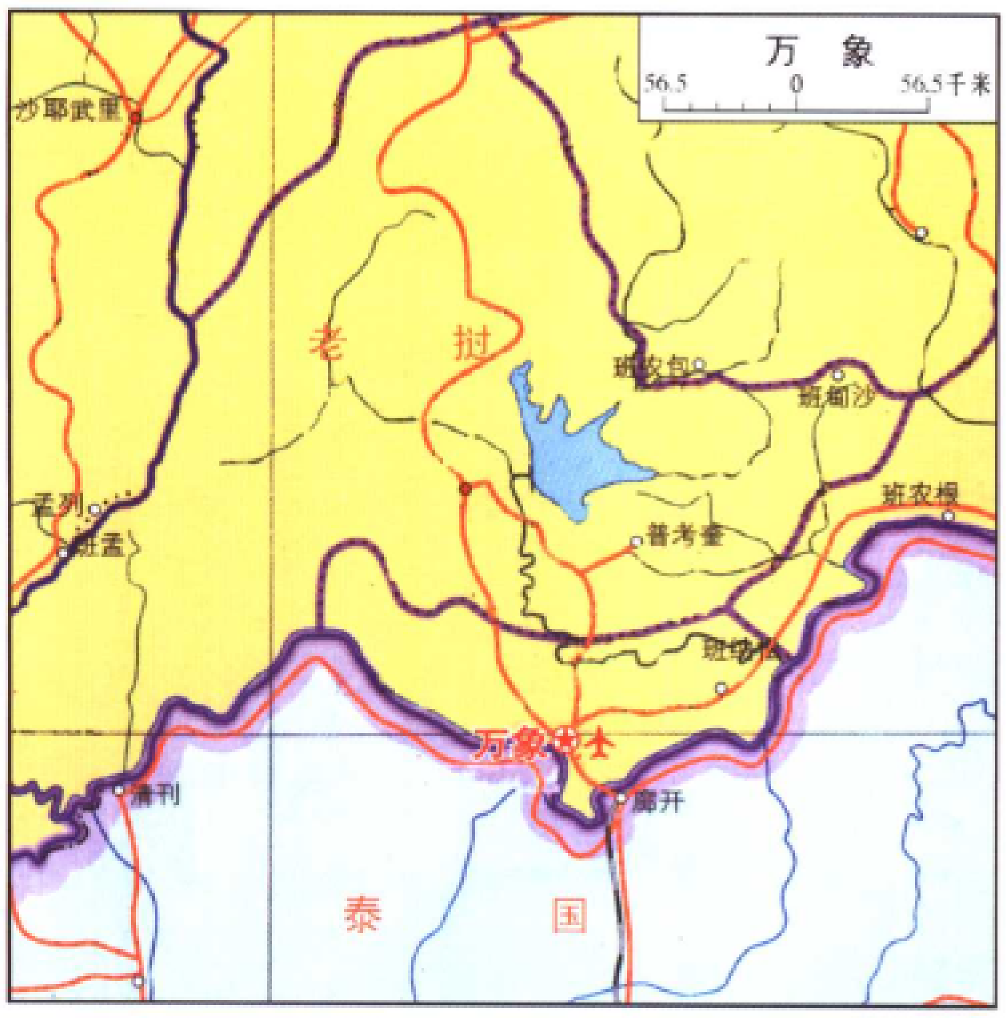
金边国际机场为军民共用机场，原名为波成东机场。位于该市西南8千米处，北纬11°35′，东经104°51′，标高12米。有两条水泥混凝土跑道，主跑道长3 000米、宽40米，方向48°、228°；次跑道长1 600米、宽40米，方向3°、183°。各项保障设施齐全，可供各型飞机全天候起降。该机场是柬埔寨最大的机场，也是东南亚重要的国际机场之一，有10多条国际航线通往世界各地。2002年，波成东机场正式更名为金边国际机场。

（刘　博）

Wanxiang

万象 (Vientiane)　老挝人民民主共和国首都，空军基地。又名永珍。位于湄公河中游北岸，北纬17°58′，东经102°36′，海拔高170米。与泰国东北重镇廊开隔河相望。城区沿湄公河呈月牙形展开，有“月亮城”之称；又因该地区盛产檀香木，故有“檀木之城”的雅号。下辖7个县，面积3 920平方千米，人口58.3万(1999)。热带季风气候，12月平均气温21.4℃，4月平均气温28.3℃。年均降水量1 713毫米。

万象建于公元前342年，公元8世纪为文单国都，18世纪初，成为万象王国国都，后沦为暹罗国属地。1893年，法国殖民者占领老挝。1945年老挝独立，万象成为老挝王国首都。50年代，美国侵入老挝，成为美国的重要军事基地。1975年12月2日，老挝人民民主共和国成立，万象为首都，





万象塔广场

是政治和经济中心。市内有工厂和手工作坊200多家。主要从事钢铁、酿酒、纺织、卷烟、火柴、塑料等制造业。建有10余所高等院校和专业技术学校。交通运输方便，经13号公路和湄公河可达全国各主要城市及泰国境内。万象国际机场又称瓦岱机场，也是空军基地。位于北纬17°59′，东经102°33′，标高170米，混凝土跑道，长3 000米、宽45米，方向135°、315°，各种保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。有10余条国内航线和通往河内、香港、曼谷、北京、莫斯科、昆明等地的国际航线。市内修建有大量佛教寺庙，其中塔銮寺是老挝国家的象征和首都万象市的标志。 （刘新华）

Yangguang

仰光 (Rangoon)　缅甸联邦首都，空军基地。位于南部伊洛瓦底江支流仰光河东岸，北纬16°47′，东经96°10′。面积345平方千米，人口434.4万(2003)。地处伊洛瓦底江三角洲上，海拔约7米，

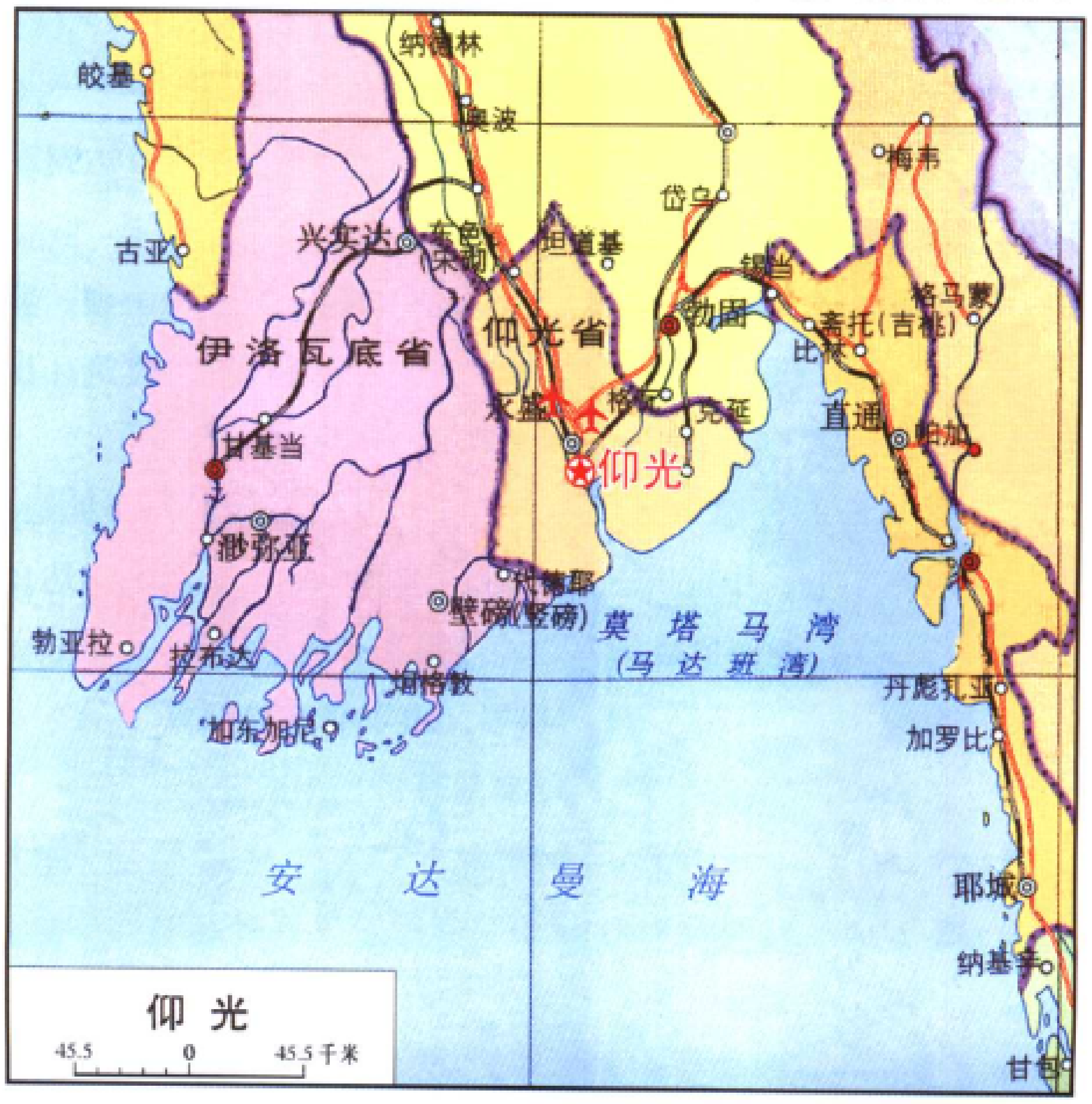


仰光大金塔　　张云飞摄

地势低平，市郊多湖泊，河流环绕。旧城建在山上，新城沿仰光河岸分布，向北延伸。属热带季风气候。平均气温：1月25℃，4月30℃。5～10月为雨季，年均降水量2 600毫米。

公元前5世纪，仰光是沼泽地带的一个小渔村，称大光。13世纪时，蒲甘王朝衰弱，群雄割据，大光被孟族的勃固王朝统治。1752年，孟族大军攻克阿瓦城，东吁王朝灭亡。1755年缅人首领雍芨牙王征服缅甸，将大光辟为商埠，改为仰光，次年建城。1824～1826年被英国占领。1852年英缅战争中再度沦陷，成为英占下缅甸首府。第二次世界大战中被日本侵占。1948年缅甸独立，定为首都。政治、军事、经济、文化中心和交通枢纽。主要工业有纺织、化工、冶炼、造船、轧钢、炼油、机械制造及碾米、锯木业等。交通便利。港口建于第二次世界大战前，位于仰光河口北39千米，北纬16°46′，东经96°11′，是内河航运和海洋运输的联结点，也是缅甸的海军基地。公路通往全国各地，铁路向北可达卑谬和密支那，向东南可达毛淡棉、耶城。市区有多所高等院校，佛教名胜很多。最著名的建筑是瑞光大金塔，建于公元前585年，为仰光城市的标记。

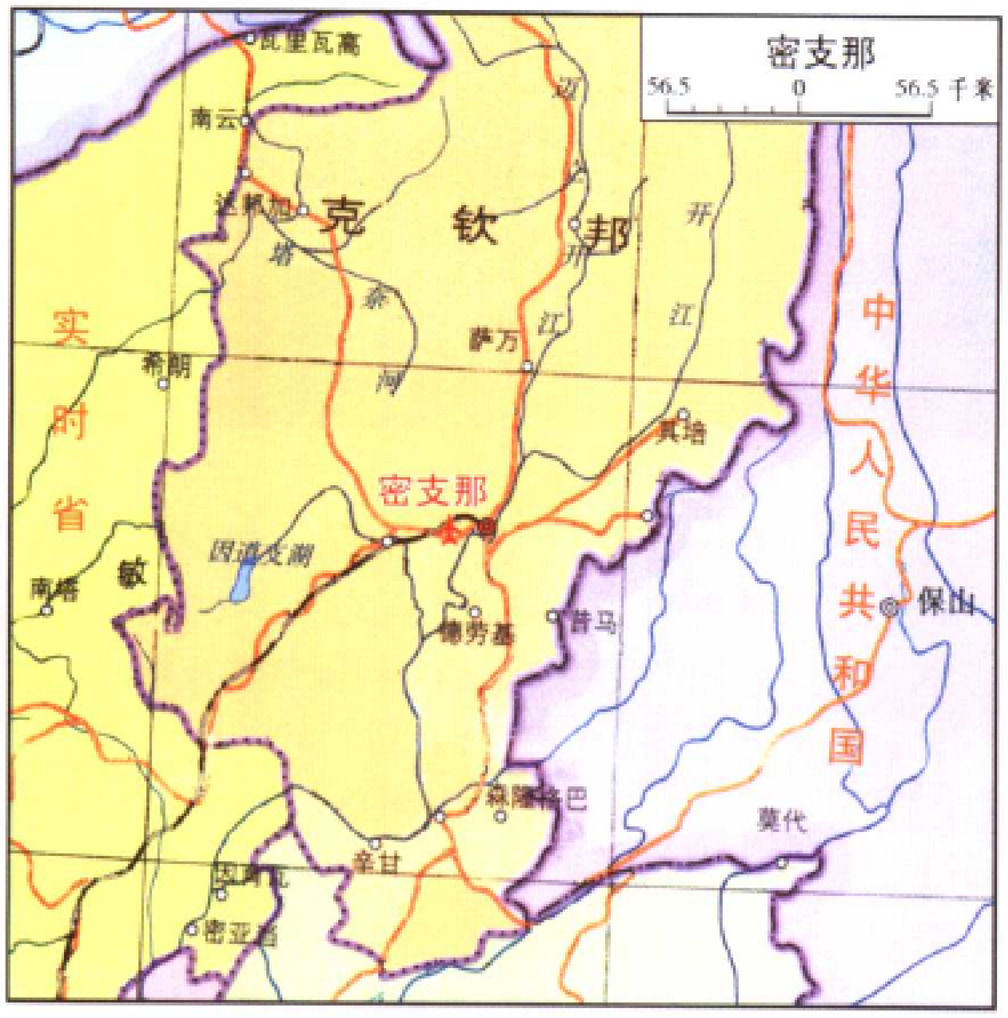
市郊有两个空军基地。其中北郊12千米处为敏加拉洞国际机场，军民共用，北纬16°54′，东经96°38′。水泥混凝土跑道，长3 000米、宽61米，方向34°、214°，标高33米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。有多条通往曼谷、达卡、香港、吉隆坡、昆明、新加坡、雅加达的国际航线。位于仰光西北30千米为毛比空军基地，北纬17°07′，东经96°04′。水泥混凝土跑道，长3 000米、宽60米，跑道方向90°、270°，标高21米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。主要担负首都地区防空作战和空中运输任务。



（龙正香）

Mizhina

密支那 (Myitkyina) 缅甸联邦北部城镇，克钦邦首府。濒临伊洛瓦底江，北纬25° 23′，东经97° 24′。缅甸铁路南北干线的终点。东距中国边境约50千米，历史上曾是出入中国云南的门户。人口约15万。地处谷底平原，海拔145米，周围群山环抱。平均气温：1月16℃，7月28℃，年均降水量1 960毫米。为重要商业中心，是中缅边境的战略要地。工业企业有柴油机厂、热电厂、制糖厂、柚木加工厂、食品加工厂等。以产沙金著称。交通四通八达，也是缅甸北部最重要的河港之一。公路南经八莫至中国云南边境城市畹町，西北与印度边境相通。城西3千米处有空军基地，标高144米，有两条跑道，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。城北有民航机场。 （夏光前）



Wuwen

乌汶(乌汶叻差他尼) (Ubon Ratchathani) 泰国乌汶府首府，泰国东北部边境城市，军事重镇。位于柯叻盆地，蒙河下游北岸，北纬15° 15′，东经104° 50′，人口约169.1万(2000)。属热带季风气候，平均气温为22～28℃，最高气温为42℃。11月至翌年4月为旱季。年降水量约1 000毫米。有碾米、纺织、印刷等工业。东距老挝边界64千米，南距柬埔寨边界85千米，为泰老边境交通要冲，曼谷—乌汶铁路终点，公路通那空帕侬和黎逸，水运经蒙河可驶入湄公河，空运通曼谷、乌隆等地。

乌汶市北1千米处有空军基地，标高125米，为混凝土跑道，长2 745米、宽38米。机场周围地势比较平坦，净空条件良好，各项保障设施齐备，可供各种飞机全天候起降。该机场由美国军队于1952年动工修建，1953年完成，1960年扩建。越南战争期间是美国的主要战术空军基地，主要用作空袭越南北方和老挝解放区。1975年6月美军移交给泰国。80年代后期又进行过较大规模的整修。 （夏光前）

Wutabao

乌塔保 (Utapao) 泰国空军基地。位于曼谷湾东岸，属罗勇府，北纬12° 41′，东经101° 01′。西北距曼谷约130千米，东北距乌汶(乌汶叻差他尼)空军基地约500千米，西距曼谷湾口的梭桃邑海军基地约12千米，东距柬埔寨边界约160千米。南端为泰国湾海域，北端为丘陵地带。属热带季风气候，5～10月为雨季，11月至翌年4月为旱季，平均气温26～28℃，年均降水量2 500毫米。



美国根据越南战争需要，于1965年底紧急修建，1966年8月建成，1967年4月启用，作为B－52型战略轰炸机在东南亚地区的前出基地，美军第8航空队前方指挥所和空军第3师所属联队进驻，常驻2～3个飞行中队，B－52型轰炸机30～45架，KC－135型加油机48架，另外还





曼谷湾内一角 孙毅夫摄

有U-2型高空侦察机和DC-130型无人驾驶侦察机母机。越南战争期间，主要担负对越南、老挝、柬埔寨实施战略轰炸和战略侦察等任务，配合地面部队作战。1976年7月美军撤出，交由泰国管辖。之后，泰国又进行多次整修，成为曼谷国际机场的备用机场。

基地占地面积18平方千米，标高18米，有两条水泥混凝土跑道，一条跑道长3 505千米、宽61米；另一条跑道长3 000米、宽60米；方向均为180°、360°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

（王乃奎）

Jilongpo

吉隆坡 (Kuala Lumpur) 马来西亚首都，空军基地。位于马来半岛西海岸中段，巴生河及其支流鹅麦(刚巴克)河交汇处。北纬3°08′，东经101°43′。西南距吉隆坡海上门户巴生港约40千米，临近海上交通要道马六甲海峡，战略地位十分重要。市区面积约100平方千米，市内居民140.1万(2004)。地处中央山脉(吉保山脉)以西，西、北、东三面为丘陵和山脉环抱，多洞穴、瀑布。属热带雨林气候，终年高温多雨，年平均气温约27℃，年均降水量2 440毫米。



吉隆坡因矿场尾沙淤塞，河口一片泥泞，故称“瓜拉隆坡”(马来语)，意为泥泞的河口。1880年成为雪兰莪州首府。1895年为马来州联邦首府，1896年起为英属马来联邦首府，1957年为独立的马来亚联合邦首都，1963年成为马来西亚首都，1974年2月1日，设吉隆坡联邦区(国家首都区)。

全国政治、经济和文化中心，最大的工业基地与交通枢纽。以巴生河为界，以东为商业区，以西为行政、文化区。郊外多橡胶林、油棕园和工厂。西南郊的必打灵查亚是全国第一个工业卫星城，重要交通枢纽，有铁路和公路连接西马来西亚各地。老工业区有铁路机车、水泥、机械、轧钢、炼锡、橡胶、油脂、食品和木材加工等工业。新工业区为出口加工区，有食品、卷烟、制药、化工、油漆、印刷、塑料、电器、建筑材料等工业。以吉隆坡为中心，纵贯南北的铁路和公路连通马来半岛的西马来西亚各地，通往泰国和新加坡。海空航线连接婆罗洲的东马来西亚主要城镇。西南43千米处的巴生港为其外港，是全国第一大港，建有集装箱码头。

市南3.5千米处有空军新邦机场。原为英国空军基地，1960年10月移交马来亚。北纬3°06′，东经101°42′，标高34米。沥青跑道，长1 878米、宽37米，方向37°、217°。各项保障设施齐备，可供轻型轰炸机和喷气式战斗机起降。市西22千米处有梳邦军民两用机场，是马来西亚最大的国际机场，北纬3°07′，东经101°33′，标高27米。周围地形平坦开阔，净空条件良好。有跑道两条，方向为150°、330°。沥青主跑道长3 475米、宽46米；草皮跑道长1 525米、宽46米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1993年马来西亚将该机场与红土坎、卢木海军基地一起提供给美国海、空军使用。马来西亚皇家空军在该基地驻有运输机和巡逻机。

（张孝田）

Yajiada

雅加达 (Djakarta) 印度尼西亚共和国首都。位于爪哇岛西部北岸，北临爪哇海雅加达湾，西距巽他海峡东北口约90千米，扼控太平洋通往印度洋的咽喉要道巽他海峡。面积906平方千米，市内居民934.1万，郊区居民1 280.4万(2004)。地势南高北低，平均海拔7米。有10余条河流经市区，芝利翁河由南向北穿城而过。属热带海洋性气候，终年湿热，年平均气温27℃，年均降雨量1 760毫米以上。城区分新、旧两部分：北部旧区临海，称下城，为商业中心；南部新区称上城，为行政中心。



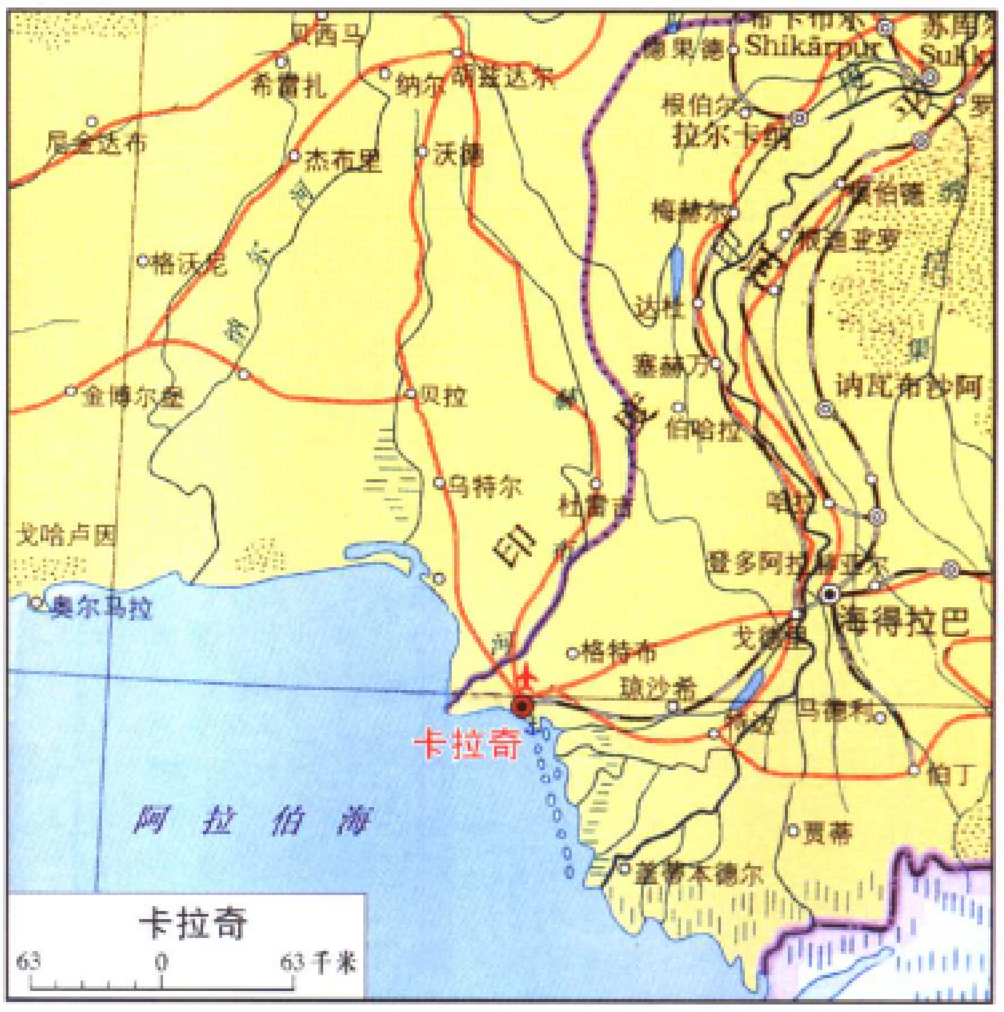
14世纪属巽他王国，以出口胡椒和香料闻名。因盛产椰子而名“巽他格拉巴”，意为“椰城”。15世纪成为重要商港、航海要地。1522年万丹王国击退葡萄牙人，1527年6月22日建城并易名“查雅加达”，意为“胜利与光荣之堡”。16世纪末荷兰人和葡萄牙人在此建立商站，称“雅加达”。1619年被荷兰人占领，成为荷属东印度公司主要贸易中心，称“巴达维亚”。1945年独立后，重新命名为“雅加达”。1949年12月27日宣布为国家的首都，60年代升格为“首都特别行政区”。全国政治、经济、文化中心，海、空交通枢纽。工业有造船、机械、橡胶等。有6条铁路和公路通往爪哇岛上各重要城市。旅游业发达。

苏加诺·哈达机场为国际机场。位于雅加达以西18千米的曾卡伦，南纬6°07′，东经106°39′，标高10.4米，面积39.96平方千米。1980年12月动工修建，1985年4月启用。南北两条跑道平行，相距2 400米，南跑道长3 660米、宽60米；北跑道长3 050米、宽60米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

哈林·佩尔达纳库马为军民两用机场。位于雅加达东南10千米处，南纬6°15′，东经106°53′，标高30米，



雅加达港市

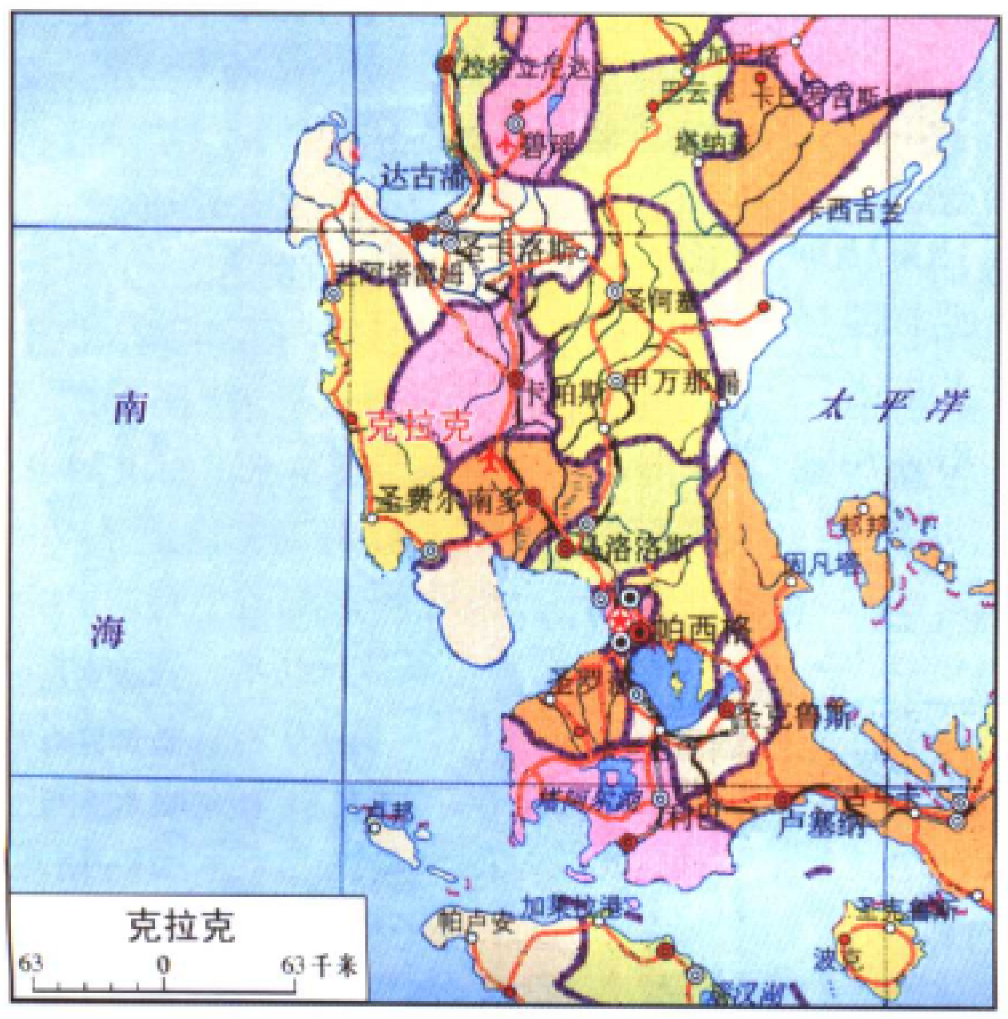


占地2.5平方千米。沥青跑道长3 000米、宽60米，方向60°、240°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

马腰兰机场位于雅加达东北郊，南纬6°09′，东经106°51′，标高5米。有两条沥青跑道，一条长2 475米、宽45米，方向170°、350°；另一条长1 900米、宽45米，方向80°、260°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。原是民航国际机场，70年代后专供国内民航使用。（刘光复）

Kelake

克拉克（Clark） 菲律宾共和国空军基地。位于马尼拉市西北77千米，北纬15°11′，东经120°33′。与苏比克湾海军基地共扼西太平洋与印度洋之间的交通要冲，战略地位重要。占地约30平方千米，标高146米。水泥混凝土跑道，长3 203米、宽46米，方向20°、200°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1918年由美国军队建成，以美国飞行员克拉克少校之姓命名。日本军队占领期间用作主要空军基地。1947年3月，美菲签订为期99年的军事基地协定。越南战争期间，为美军战略补给和战斗机基地，保障美空军飞机空袭越南北方和老挝的战斗活动。曾是美国在海外大型空军基地之一。80年代驻有美国太平洋空军第13航空队。1991年皮纳图博火山爆发，火山灰覆盖该基地，美国空军于当年11月26日撤出。1992年5月菲律宾重新启用。（刘光复）



Kalaqi

卡拉奇（Karachi） 巴基斯坦伊斯兰共和国信德省首府，空军基地。位于巴基斯坦南部，北纬24°52′，东经67°03′。面积1 450平方千米，人口635.1万(1997)。气候夏季炎热，冬季凉爽，平均气温1月18.9℃，6月30.4℃，年均降水量204毫米。1947～1959年为巴基斯坦首都。主要工业有纺织、印刷、冶金、化工、电器、机器制造、铁路运输设备和造船等。交通十分发达，铁路可直通国内各大城市以及印度和伊朗。卡拉奇港是世界上最优良的天然深水港之一和欧亚海运枢纽之一。

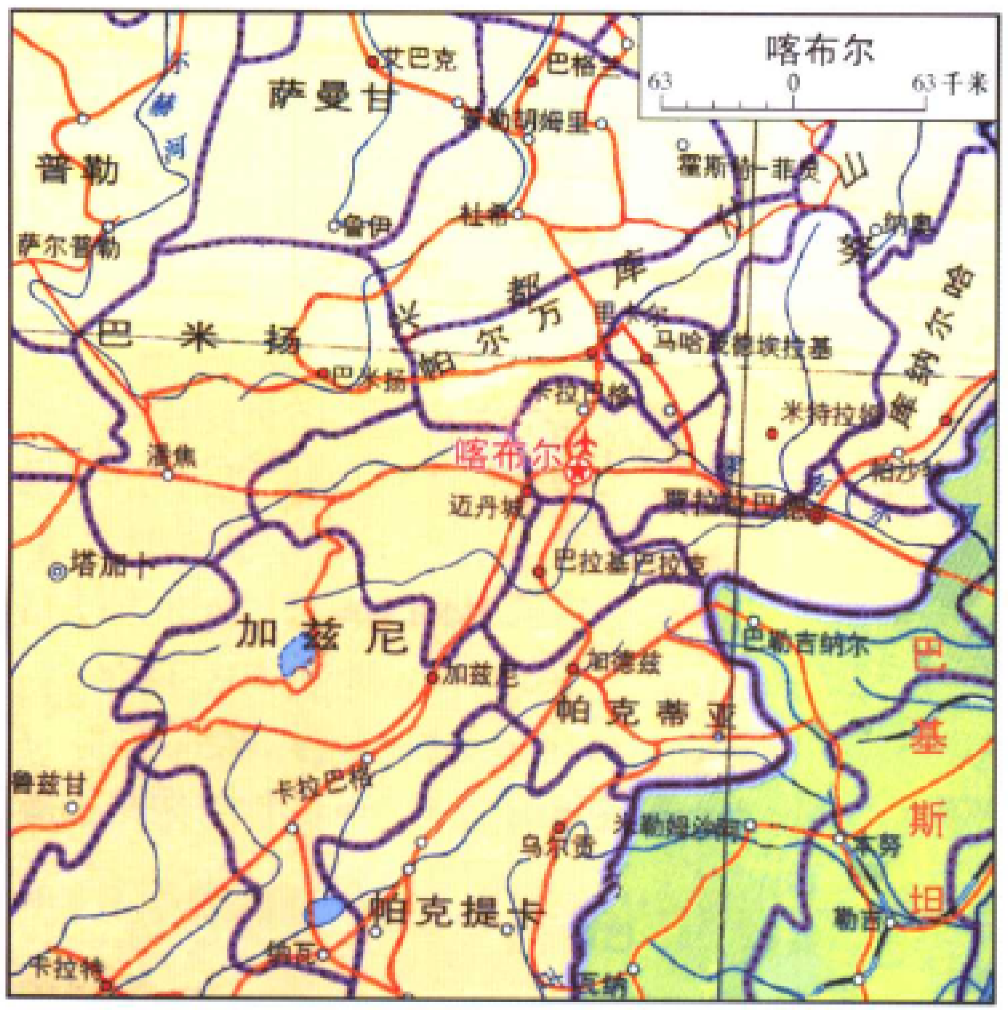
马斯鲁尔空军基地位于卡拉齐市西北郊8千米，濒临阿拉伯海，北纬24°54′，东经66°56′，标高11米。有4条跑道，其中两条为平行的水泥混凝土跑道，均为长2 745米、宽60米，方向90°、270°；另两条为平行的沥青跑道，均为长2 628米、宽35米，方向45°、225°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。为巴基斯坦空军最重要的基地之一。

古艾德·阿泽姆国际机场位于卡拉奇市东北郊，是亚洲最大的国际航空港之一，北纬24°54′，东经67°10′，标高30.5米。有4条水泥混凝土跑道，跑道宽度均为46米，其中两条跑道长为3 200米，另两条跑道长为3 406米，方向均为74°、254°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。是沟通亚、非、欧、澳各大城市的中心站。

费萨尔空军基地位于卡拉奇市东郊，北纬24°52′，东经67°06′，标高9米。有3条水泥混凝土跑道，一条跑道长2 450米、宽45米；一条跑道长2 440米、宽60米；一条跑道长1 550米、宽45米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。（刘华光）

Kabu'er

喀布尔（Kabul） 阿富汗伊斯兰国首都，喀布尔省首府，空军基地。位于阿富汗东部，兴都库什山南麓，北纬34°32′，东经69°11′。人口约344万(2003)。东南距巴基斯坦边界约180千米。地处阿麦山与舍尔达瓦扎山之间的三角形谷地中，呈"U"字形。喀布尔河横贯全城，南岸是旧城，北岸是新城。海拔1 800米。属



大陆性气候，夏季凉爽，冬季严寒多雪。政治、经济、文化和交通中心。加工业发达。阿境内公路以喀布尔为中心，通往全国各重要城镇，以及伊朗、巴基斯坦、塔吉克斯坦和乌兹别克斯坦等国。喀布尔已有3 000多年历史，1773年定为阿富汗首都，是欧洲、中亚进入南亚的军事要冲。在古代为波斯、印度和中亚各帝国必争之地。19世纪为英国和沙俄的争夺对象。1839～1919年英国先后发动3次侵阿战争，都曾在此交战。

喀布尔国际机场，兼作空军基地，位于城东16千米处，北纬34° 33′，东经69° 12′，标高1 790米。混凝土跑道，长2 800米、宽46米，方向110°、290°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。巴格拉姆空军基地位于喀布尔以北60千米，恰里卡尔东南8千米处。北纬34° 58′，东经69° 14′，标高1 600米。混凝土跑道，长3 000米、宽53米，方向25°、205°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。跑道两侧和北端三面环山，南端净空条件尚好。两机场均为苏联于20世纪60年代初援建，70年代末苏军入侵后扩建。 （张　诚）

Bagelamu

巴格拉姆 (Bagrāmē) 见喀布尔。

Deli

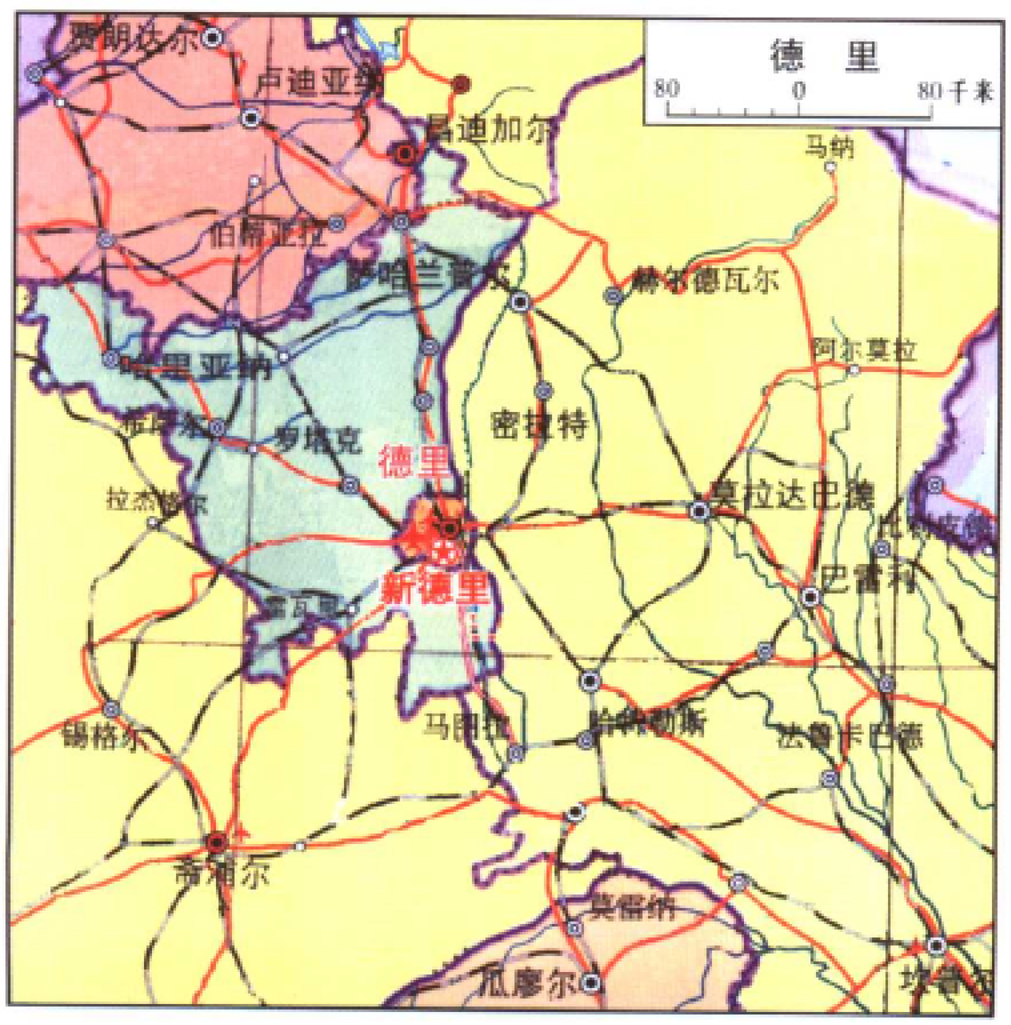
德里 (Delhi) 印度共和国中央直辖区。包括新德里和沙贾汗讷巴得(旧城)，其中新德里为首都。位于印度北部，恒河支流亚穆纳河西岸，喜马拉雅山脉以南约160千米处。北纬28° 40′，东经77° 13′。东临恒河平原，北、西、南三面丘陵环绕，海拔230多米，总面积1 485平方千米，人口1 130万(1999)。热带季风气候，一年分为凉季(10月至次年3月)、热季(4～6月)和雨季(7～9月)。平均气温为33.5℃，年均降水量约600毫米。地处南亚次大陆的中心，扼守着从印度河平原进入恒河平原的咽喉地带，自古以来就是兵家必争之地，战略地位十分重要。

德里历史悠久，建于3 000多年前。公元前1世纪，印度拉贾·迪里国王在此建城立国，德里因此而得名。此后，德里几经变迁，至12世纪，地位日渐显著。后经数次改建，于1 638年修建完毕。德里包括旧城和新城，新旧城之间隔着一座德里印度门(见图)，以著名的拉姆利拉广场为界，广场以北为旧德里，以南为新德里。旧德里又称沙贾汉讷巴得(Shah jahanabad)，历经沧桑，几度兴衰，一直是印度的经济、文化中心之一，苏丹国和莫卧儿帝国在此建都期间，又成为印度的政治中心。1912～1931年曾为英属印度的首府。旧德里街道纵横交错，弯曲狭窄，各种商店和市场排满街道两侧。多寺院和古代建筑，印度教寺庙、清真寺院到处可见。新德里始建于1911年，1929年建成，1947年印度独立后定为首都，为全国政治、经济、文化中心和交通枢纽。城市以拉姆斯广场为中心，街道呈蛛网式辐射。文化教育十分发达，建有图书馆、博物馆和高等学校。全国交通枢纽，有铁路、公路和航空班机通向世界各大城市和印度各地。



德里印度门

市郊有3个机场。英迪拉·甘地国际机场又称巴勒姆空军基地，位于德里西南16千米处，北纬28° 34′，东经77° 06′，标高227米。有两条混凝土跑道，南跑道长3 810米、宽46米，方向104°、284°；北跑道长2 813米、宽46米，方向90°、270°。另有一条旧跑道，长2 000米、宽46米，方向150°、330°，现仅供夜间停放飞机使用。机场净空条件良好，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。萨甫达章机场位于德里东南，北纬28° 35′，东经77° 12′，标高212米。有一条跑道，长1 356米、宽46米，机场设施齐全，供国内民航飞机使用。欣东机场位于德里东北17千米处，北纬28° 42′，东经77° 22′，标高214米。有一条水泥混凝土跑道，长3 400米、宽45米，方向91°、271°。机场净空条件良好，各项保障设施齐备，可供战斗机全天候起降。最大容机量为80～100架战斗机。其主要任务是保卫首都新德里。

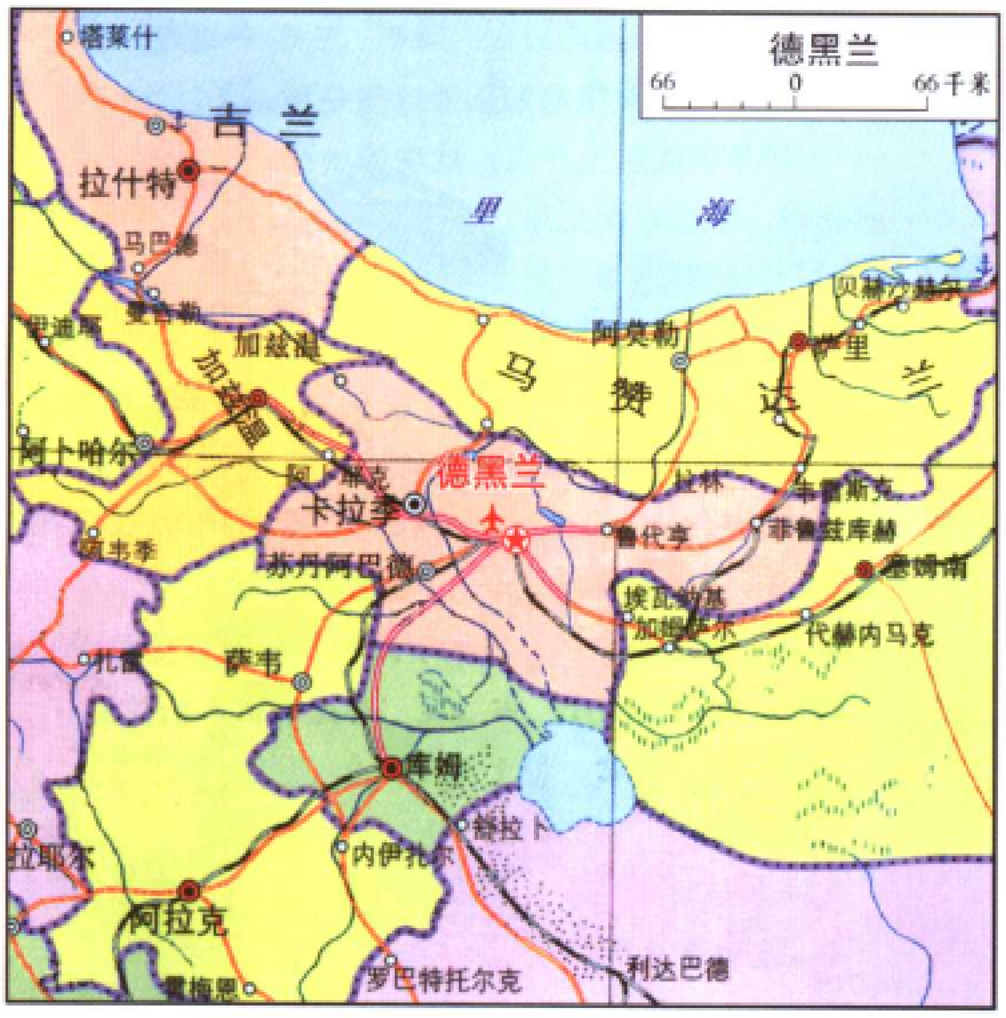


（高宝富）

Balemu
巴勒姆 (Palam) 见德里。

Xindong
欣东 (Hindon) 见德里。

Deheilan
德黑兰 (Teheran) 伊朗伊斯兰共和国首都。地处伊朗北部厄尔布尔士山脉南麓的平缓山坡上。全国政治、经济和文化中心，交通枢纽，面积300多平方千米，人口647万余(1991)。大陆性气候，冬夏和昼夜温差较大，月平均气温7月为29.4℃，1月为0.9℃，年均降水251毫米。德黑兰是一座历史古城，公元9世纪开始形成居民点，13世纪日渐兴旺，18世纪80年代成为恺加王朝的国都，始称德黑兰，意为“暖地”。第二次世界大战中，斯大林、罗斯福、丘吉尔于1943年11月28日～12月1日聚会于德黑兰，会后发表了《德黑兰宣言》。20世纪70年代，随着伊朗石油收入的剧增，德黑兰城市建设得到迅速发展，成为一座新兴的工业城市。伊朗交通的总枢纽，铁路和公路通向全国其他重要城市。文化设施发达，有各类博物馆、体育中心等，还有德黑兰大学、伊朗国家大学等高等学府。德黑兰国际机场军民共用，位于德黑兰市西北约10千米处，北纬35°41′，东经51°18′，标高1 208米。有两条跑道，跑道方向均为105°、285°，一条长4 038米、宽60米；另一条长3 992米、宽45米。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。德黑兰市东北部有道尚塔佩空军基地，南部有穆尔盖堡机场。

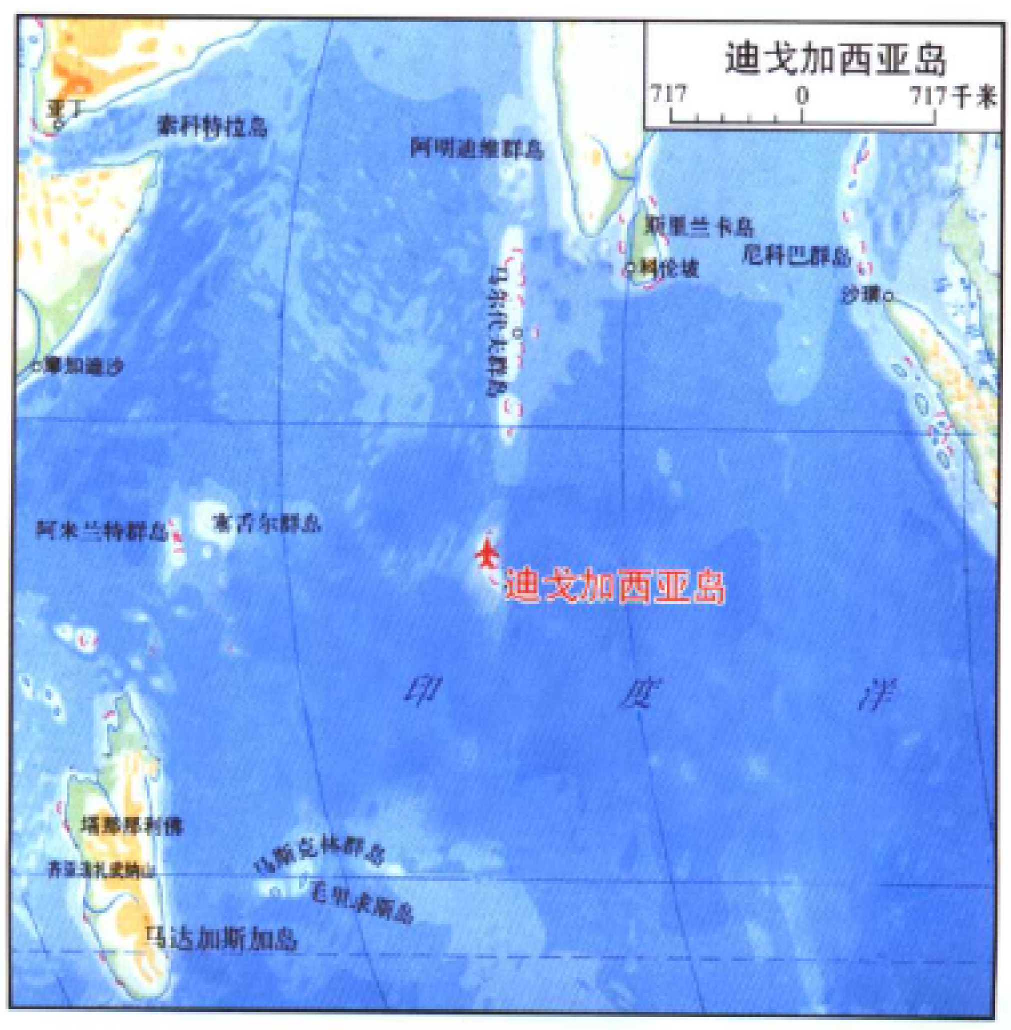


（王 侠）

Digejiaxiya Dao
迪戈加西亚岛 (Diego Garcia) 印度洋中部查戈斯群岛的最大最南端岛屿，英属印度洋领地，美国大型综合性军事基地。位于赤道南702千米，北距印度半岛南端1 700千米，南纬7°20′，东经72°25′，标高0～15米。面积35平方千米。地处印度洋海、空交通要冲，是欧、亚、非、大洋洲之间许多国际航线必经之地，战略要地。全岛为向北开口的马蹄形珊瑚环礁，陆地总长65千米。岛上无土著居民，暂驻人口为美国海军、海军陆战队和空军部队约1 700人，开发商和承包商约1 500人，英国仅派有海军和海军陆战队管理人员约50人(2002)。属热带季风气候，湿热多雨。年平均气温24～29℃，最高温度32℃，最低温度21℃。年均降水量2 540毫米。附近海域石油资源丰富。16世纪由葡萄牙人发现并统治到18世纪。后相继受法国、印度人统治。1810年被英国占领，为英属毛里求斯属地。第二次世界大战时，是英国空军基地和海军停泊港。1966年划归“英属印度洋领地”。1966年美英签署有效期50年共同使用迪戈加西亚的协议。1971年美军进驻该岛后，岛上居民全部被迁往毛里求斯等地。1972年建立通信设施，为全美通信机构重要中继站之一。1974年开始扩建港口、机场、后期设施，现为美国在印度洋实施反潜作战、部属快速机动部队的重要基地，可停靠核潜艇和航母编队。



迪戈加西亚岛鸟瞰



航空站位于该岛西部，南纬7°18′，东经72°24′，由美海、空军共同使用。有一条水泥混凝土跑道，长3 657米。容机量达100余架。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。美海军在此驻有1个巡逻机分遣队。该岛归属尚有争议，英国、毛里求斯和印度均声明拥有主权。

（任晓雁）

Ankala

安卡拉 (Ankara) 土耳其共和国首都，安卡拉省首府。位于土耳其西北部，安纳托利亚高原中部，萨卡里亚河支流安卡拉河畔，北纬39°55′，东经32°50′，海拔956米，人口369万(2002)。北距黑海200千米，地处东、西方之间交通线上。大陆性气候，冬季较寒冷，夏季炎热干燥。

公元前334年，安卡拉被亚历山大大帝征服，公元前3世纪曾为加拉西亚古王国都城，公元前25年后相继归属罗马帝国和拜占庭帝国，此后不断受到波斯人和阿拉伯人的攻击。11世纪被突厥人占领。12世纪处在塞尔柱帝国统治之下。1360年成为奥斯曼帝国之一部。15世纪后数百年间成为东行商路上的商业贸易中心。第一次世界大战后，土耳其民族主义领导人凯末尔在安卡拉建立反对奥斯曼统治和希腊入侵的抵抗运动中心。1923年土耳其共和国成立后迁都于此。西方原称其为安哥拉(Angora)，1930年土耳其政府更名为安卡拉。政治、经济和交通中心，全国第二大工业城市。主要工业有酿酒、面粉、榨糖、乳制品、水泥、毛纺、农机等。高等院校有安卡拉大学、哈杰泰佩大学等。铁路有安卡拉至伊兹密尔的主要干线、安卡拉至德黑兰的国际铁路、伊斯坦布尔到巴库的国际铁路也经过此地。有公路多条通向全国各地。

安卡拉周围有1个机场、3个空军基地。安卡拉国际航空港又称埃森博阿机场，位于城东北方向，北纬40°07′，东经32°59′，海拔953米。有两条平行的跑道，跑道方向为33°、213°，东跑道长3 750米、宽60米；西跑道长3 750米、宽45米。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降，是西亚通往欧洲和北非的重要机场之一。阿肯哲空军基地，原名穆尔泰德空军基地。位于城西北30千米处，北纬40°05′，东经32°35′，有两条混凝土跑道，长分别为3 750米、2 300米，宽均为60米。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。该机场是按北大西洋公约组织规定的战术空军机场标准建造的，由北大西洋公约组织盟军空军司令部管辖。古弗尔辛利克空军基地位于城西偏南9千米处。埃帝梅苏特空军基地位于城正西13千米处，北纬39°57′，东经32°40′。以上3个空军基地是土耳其空军作战训练的主要机场。

（刘华光）



Adana

阿达纳 (Adana) 土耳其共和国南部城市，阿达纳省省会，空军基地。位于地中海东北岸，塞伊汉河畔，北纬37°00′，东经35°19′。地处奇里乞亚平原，西北距安卡拉约400千米，西南距梅尔辛湾海岸约40千米，附近有塞伊汉河大水闸，四周为肥沃平原。人口142.97万(1990)。属亚热带地中海型气候，平均气温：1月9.2℃，8月28℃，年均降水量611毫米。

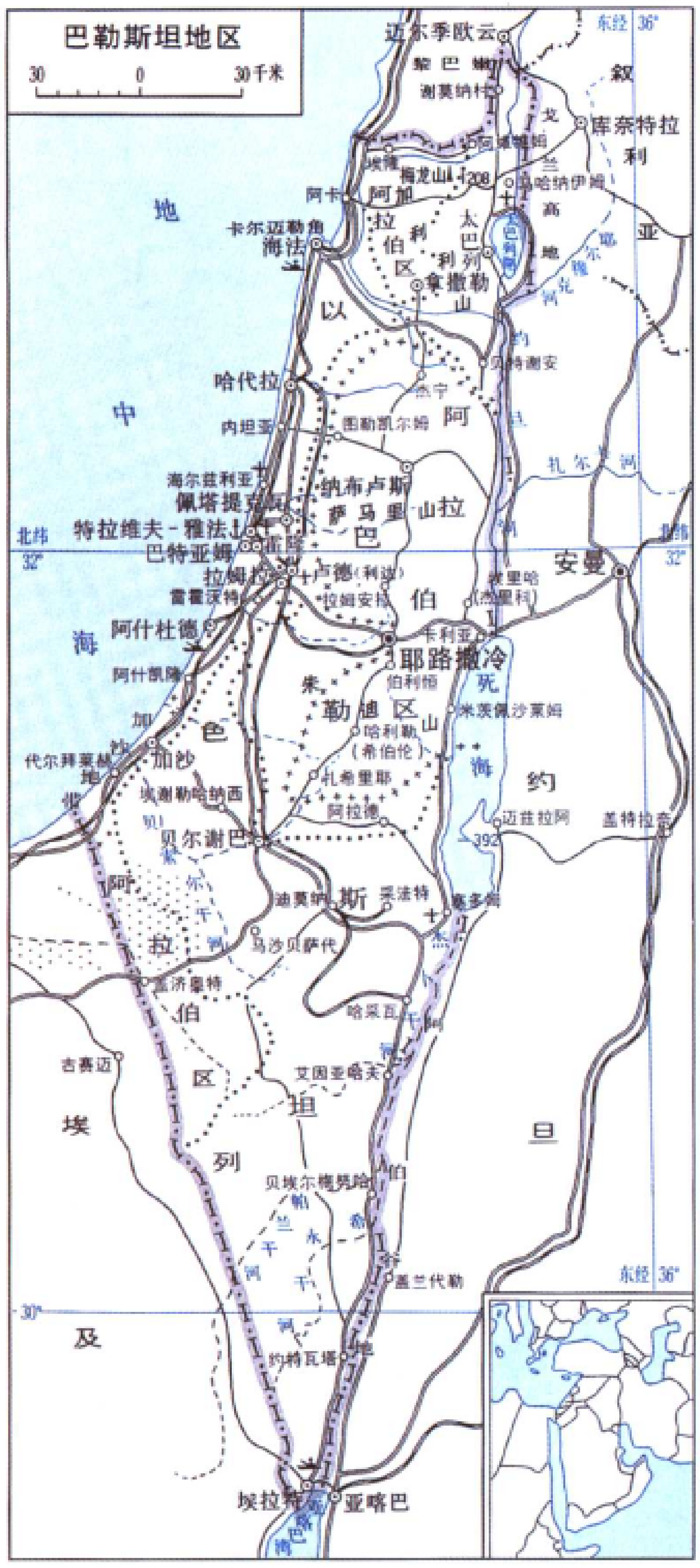
该城有3 400多年的悠久历史，曾为罗马帝国军事要地，1867年成为省会，1870年设市。1918年被法国军队占领，1922年归还土耳其。长期为阿达纳平原灌溉农业区的中心，工业以棉纺织为主。交通方便，为伊斯坦布尔到叙利亚、伊拉克铁路要站。1973年建成丘库罗瓦大学。阿达纳国际机场位于城西3.2千米处，北纬36°59′，东经35°17′，标高19.8米。有一条混凝土跑道，长2 750米、宽45米，方向50°、230°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。阿达纳空军基地又称因哲尔利克(Incirlik)空军基地，位于城东14.5千米处，标高73米，占地面积13平方千米。有两条混凝土跑道，长均为3 050米，宽分别为61米和23米，净空条件良好。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。根据美国和土耳其缔结的协定于1947年后建成，为驻土美国空军基地，常驻军职人员1 600人，文职人员114人(2004)。能控制黑海海峡，是美空军支援南欧、中东和地中海东部空军基地配系中的重要作战基地。1958年，美国曾经此基地调运兵力入侵黎巴嫩。1960年，美国空军在此驻U-2型高空侦察机，后常驻战术飞机。美国空军全球指挥与控制系统第14区站址设在该基地。1991年海湾战争中，美空军利用此基地对伊拉克实施突袭。

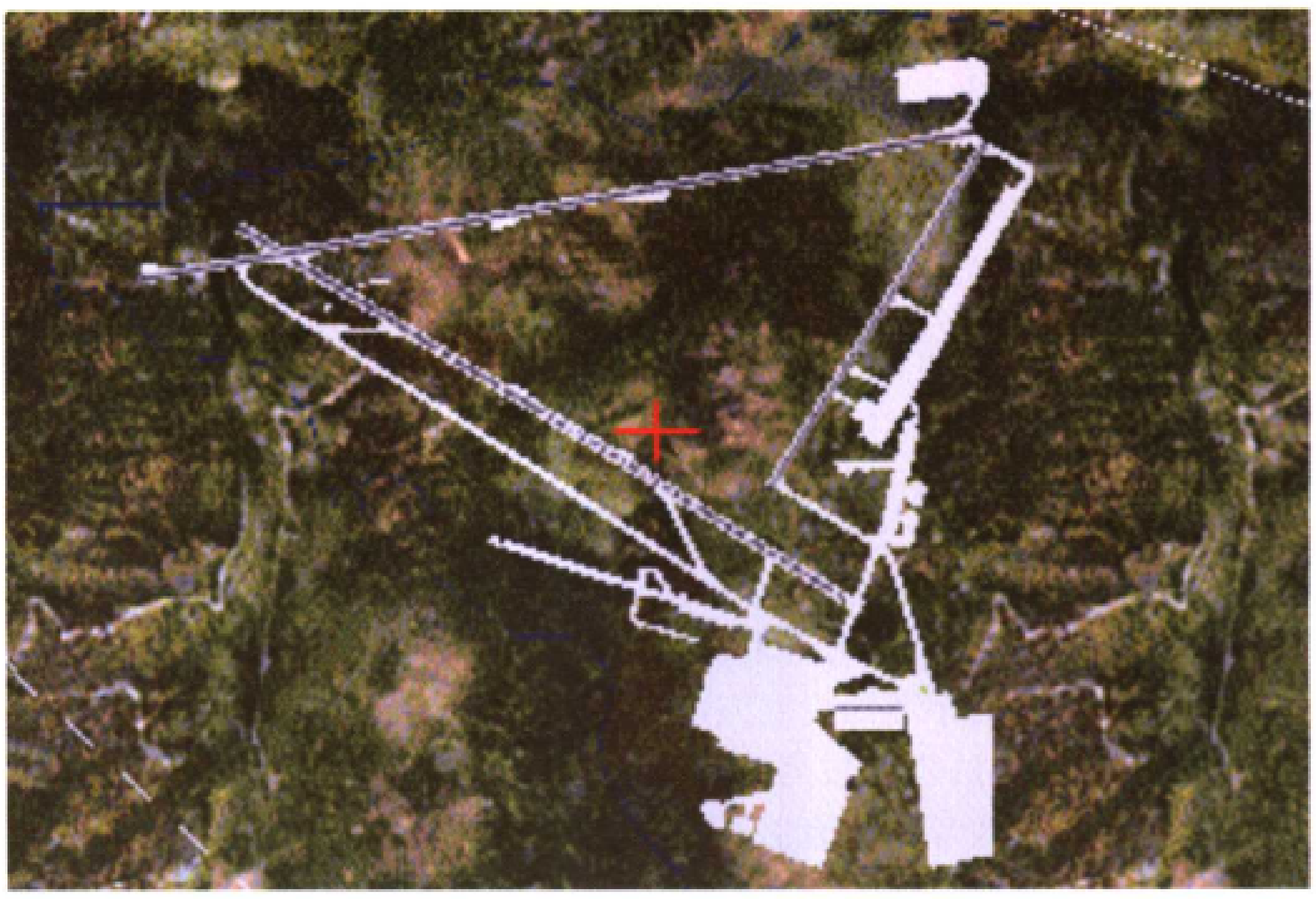
（刘华光）



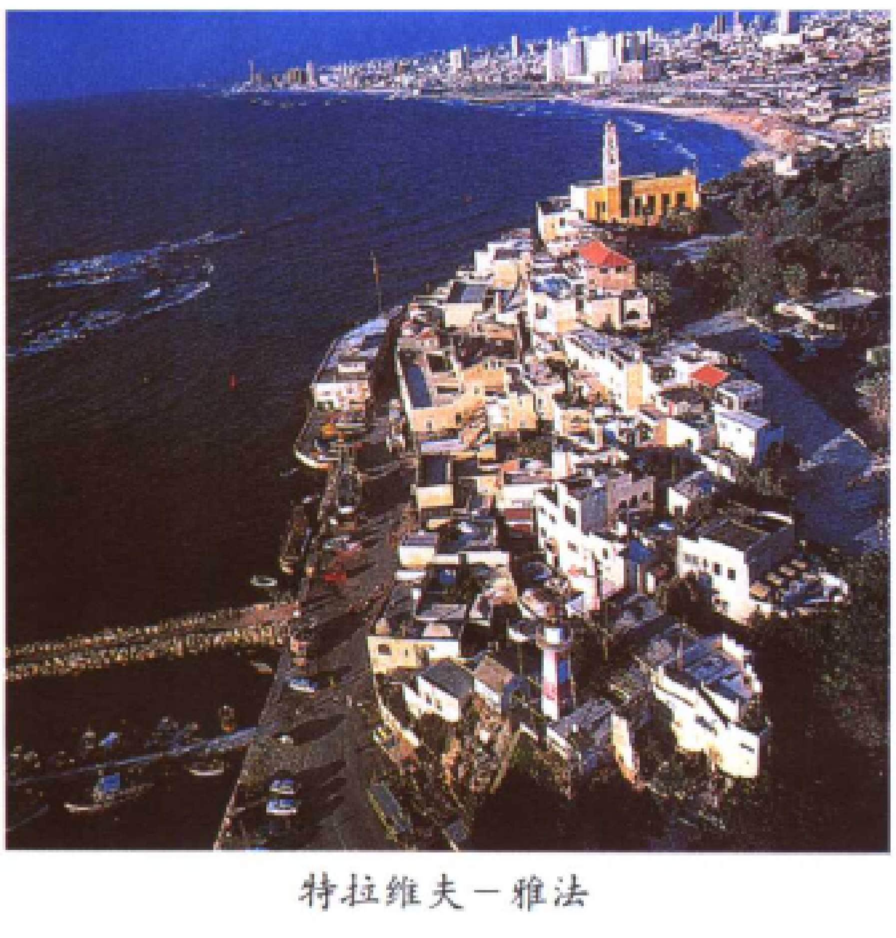
Telaweifu-yafa

特拉维夫－雅法 (Tel Aviv-Yafa) 以色列国第二大城市，特拉维夫大区首府，空军基地。位于以色列中西部，地中海东岸，北起雅尔贡河下游，南到雅法湾，北纬32°05′，东经34°46′。面积52平方千米。城区狭长，沿海岸绵延约9.6千米。人口32.4万(1984)。地中海海洋性气候，冬春两季较温和，夏季潮湿闷热。平均气温：1月13℃，8月26℃。年均降水量559毫米。1948～1950年曾为以色列首都，现为最大的经济和文化中心。以大部分政府机构和绝大多数邦交国使馆仍设在此。特拉维夫的希伯来语意是“春天的山丘”，原为1909年在雅法附近建立的犹太人居民点，后发展迅





以色列卢德机场



特拉维夫－雅法

速而合并了雅法，故全称特拉维夫－雅法。主要工业有纺织、食品加工、卷烟、化学制药、珠宝加工等。

该城附近有多个机场。泰勒·诺夫(又名埃克龙)空军基地位于城东南雷霍沃特镇附近，与1967年停火线相邻，北纬31°50′，东经34°50′，标高90米。有3条跑道，其中两条跑道长2 750米，方向分别为150°、330°，0°、180°；一条跑道长1 830米，方向90°、270°。1941年建成。各项保障设施齐备，可供各型作战飞机全天候起降。现驻有以色列空军9个中队，1个飞行实验中心，1个伞兵部队作战与训练中心。帕尔马希姆(又名亚夫内)空军基地位于城南，卢滨河南岸，西距地中海3千米，北纬31° 53′，东经34° 41′，标高42米。有一条跑道，长2 400米，跑道方向30°、210°。建于20世纪70年代。现为以色列主要的直升机、无人驾驶飞机、导弹试验靶场和航天发射基地。斯德·多夫空军基地位于城北，地中海沿岸，北纬32°06′，东经34°46′，标高13米。有一条沥青跑道，长1 741米，方向27°、207°。军民共用。建于1938年。卢德机场位于城东卢德镇，军民共用(见图)，北纬32°00′，东经34°53′，标高41米。有3条沥青跑道，长分别为3 657米、3 112米、1 780米，跑道方向分别为77°、257°；119°、299°；27°、207°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。锡尔金村空军基地位于该城东部，北纬32° 04′，东经34° 56′，标高50米。有两条跑道，长度均为1 220米，方向分别为140°、320°，100°、280°。现为以空军防空部队司令部驻地。海尔兹利亚(又称谢马利亚胡村)机场位于该城北部，北纬32°10′，东经34°50′，标高37米。有一条跑道，长1 003米，方向110°、290°。现为民航学校机场。 (邹玉成)

Baikenu'er

拜科努尔 (Baykonur) 哈萨克斯坦共和国空间发射场和航天中心。又称秋拉塔姆。北纬46° 00′，东经63° 20′，范围包括咸海以东，拜科努尔西南，秋拉塔姆以北的大片半沙漠、草原地区，占地6 000多平方千米。地势由南向北逐渐升高，海拔约90米，植被稀少，多为流动或半固定沙丘。属温带大陆性气候，温差大，全年气温在－21～45℃之间，年均降水量约60毫米，夏季盛行西北风，冬季盛行东北风。年均晴好天气为220～240天。交通便利，场区内均有铁(公)路连接。东北方向有单线铁路经拜科努尔镇通往土西铁路干线的查雷克车站；西南方向有拜科努尔—朱萨雷公路通往场区外，与莫斯科—萨马拉(古比雪夫)—塔什干铁路干线相接。在秋拉塔姆以西8千米和3千米处建有秋拉塔姆一、二号机场。秋拉塔姆一号机场，北纬45°38′，东经63°12′，跑道长3 000米、宽50米，方向50°、230°，为军民合用机场；秋拉塔姆二号机场，北纬45°45′，东经63°30′。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

始建于1955年，原属苏联。苏联解体后，由哈萨克斯坦共和国收归国有。



1994年3月28日，哈萨克斯坦与俄罗斯联邦达成租赁协议，租借给俄罗斯，租期为20年。该中心的主要任务是发射卫星、宇宙飞船、轨道站、月球探测器和行星探测器，以及进行各种导弹、运载火箭、拦截卫星和部分轨道轰炸系统的飞行试验。场区呈“Y”形分布，东西长137千米，南北宽88千米(图1)。由技术测试区(或称中心支援设施区)、发射区、回收区、后勤保障和生活区组成。技术测试区是战略导弹、运载火箭和航天器的装配、测试区，建有大型总装测试厂房、货物转运站、低温液体推进剂生产工厂、推进剂贮存库、地下油库和通信、气象、数据处理、试验管理、训练设施等。发射区包括中央发射区、东发射区和西发射区，约有30套主要的综合发射设施。中央发射区和东发射区以发射轨道倾角为51°~65°的各类航天器为主，西发射区以试验战略导弹和发射大轨道倾角的军用卫星为主。战略导弹或运载火箭试验，主要使用堪察加半岛的陆上弹着区和太平洋圣诞岛附近的海上弹着区；潜地导弹试验，主要使用巴伦支海弹着区。在中央发射区北面12千米处，建有航天飞机发射场和轨道飞行器着陆场，主要设施有航天飞机装配试验大楼、巨型发射台、着陆跑道、回收控制中心及回收洗消设备等。回收区在阿曼格尔德以东、卡拉干达以西，北纬46°~52°30′，东经61°~72°30′的哈萨克草原上。后勤保障和生活区位于秋拉塔姆东南的列宁斯克，人口约10万，是工作人员和宇航员生活中心。拜科努尔初为远程导弹发射试验场，后增建宇航设施。1957年发射第一枚洲际导弹(SS-6)和世界上第一颗人造地球卫星。1961年4月发射世界上第一艘载人飞船。世界上第一个宇航员加加林和第一个女宇航员捷列什科娃分别于1961年4月12日和1963年6月16日，从这里起飞作宇宙飞行。1988年11月15日，首次进行苏联第一架“暴风雪”号航天飞机发射试验(图2)。同年，从拜科努尔升空的苏联宇航员季托夫和马纳罗夫创造在宇宙空间停留366天的世界纪录。该中心还先后发射过SS-8、SS-9、SS-11、SS-13、SS-16、SS-17、SS-18、SS-19等型弹道导弹，“东方号”、“上升号”、“联盟”系列、进步系列载人及货运飞船，“礼炮号”、“和平号”航天空间站，“钻石”系列遥感卫星、“闪电”系列通信卫星及多种侦察卫星、导航卫星、海洋监视卫星、科学实验卫星、空间探测器等。

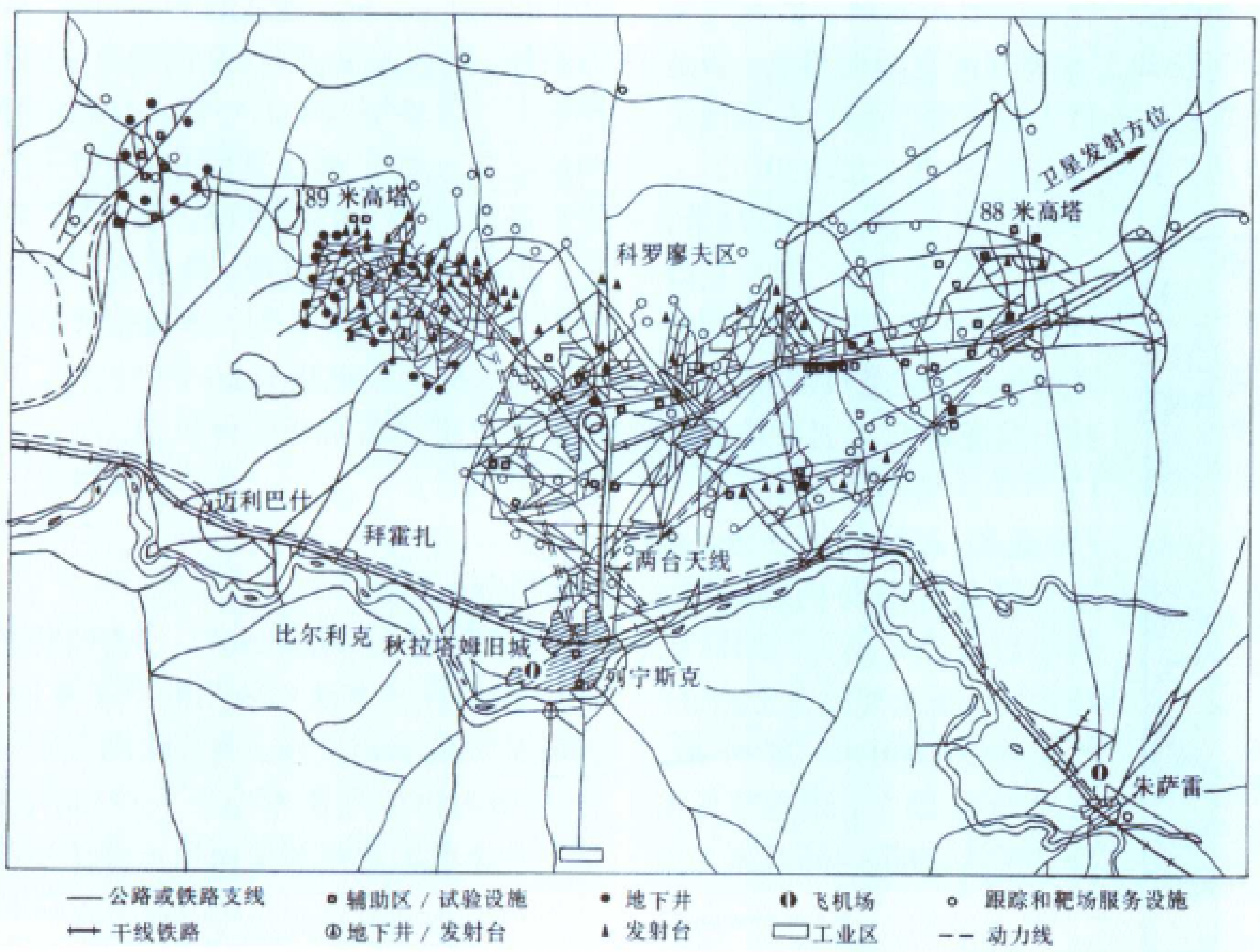


图1 拜科努尔发射场示意图



图2 苏联第一架“暴风雪”号航天飞机在拜科努尔发射场

现驻有哈俄联合航天部队和1个防空火箭团。哈俄联合航天部队1.8万人，其中哈萨克斯坦官兵6 000名，俄联邦官兵1.2万名。设有哈俄宇宙航天部队指挥中心，下辖发射中心及卡拉干达、阿克秋宾斯克、库斯塔乃、阿拉木图、克孜勒奥尔达等12个分布于哈全境的地面测控站，负责监控导弹、卫星、宇宙飞船和航天飞机的发射情况。防空火箭团驻秋拉塔姆一号机场附近，装备防空导弹，担负该中心的防空任务。

(张启蒙)

Alamutu

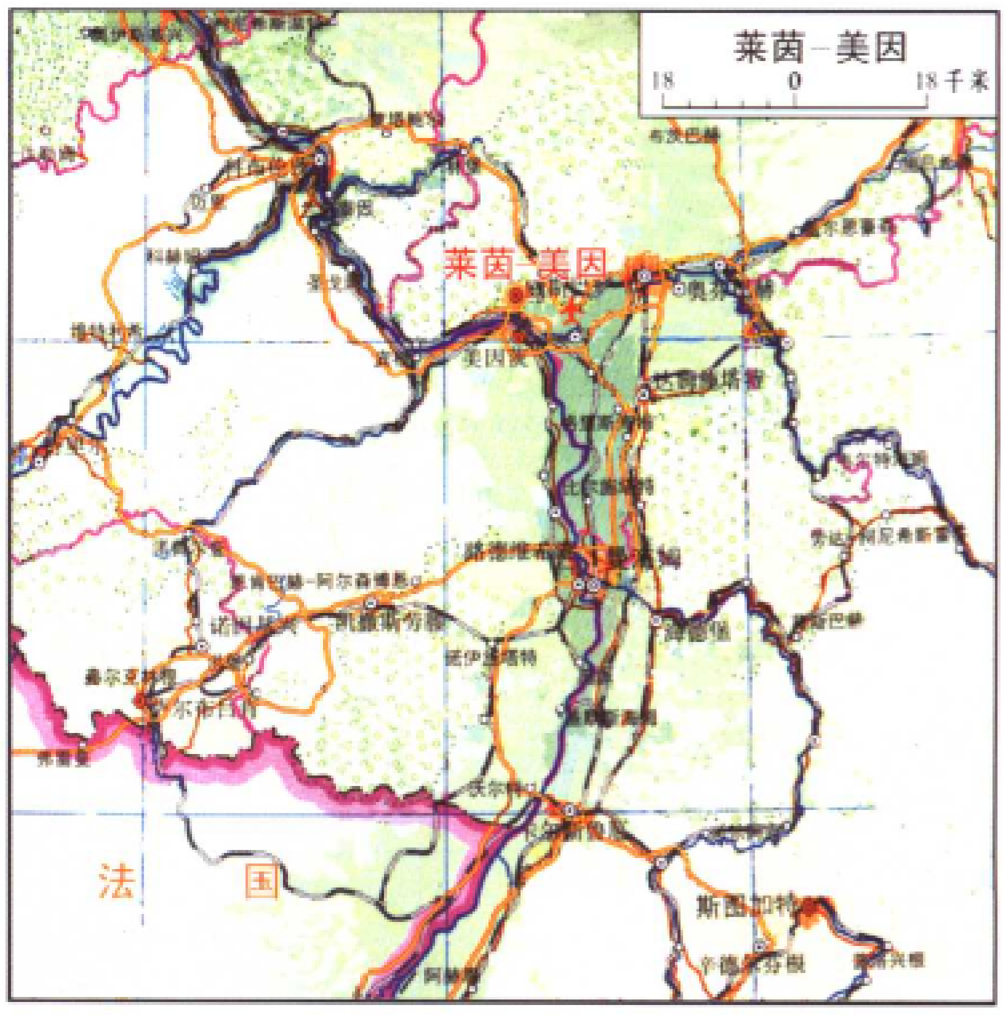
阿拉木图 (Alma-Ata) 哈萨克斯坦共和国阿拉木图州首府。原首都。哈南部政治、经济、交通、科学文化中心和军事战略要地。地处哈萨克斯坦东南部，外伊犁阿拉套山脉北麓，伊犁河支流大、小阿尔马廷卡河畔，北纬43°15′，东经76°50′。东距中国新疆伊宁320千米，为中亚地区通往中国新疆的要冲。面积170平方千米，海拔650～1 006米，人口130万(2002)。属温热带大陆性气候，夏长冬短，冬冷少雪，多晴天，少风沙，年均降水量597毫米，是世界上绿化程度最高的城市之一。地势西北低、东南高，城区呈长方形，南北长，东西窄，为格子式布局。

始建于公元15世纪，曾是哈萨克人居民区，称阿尔马雷克，原属中国领土。1854年沙俄侵入后建要塞和城市，取名维尔内，后被沙俄通过不平等条约《中俄勘分西北界约记》割占。1867年后为谢米列奇耶地区军事行政中心。苏维埃政权建立后，1921年改为阿拉木图(哈萨克语为“苹果城”)。1929年哈萨克共和国首都迁此。1936年12月5日起为苏联哈萨克加盟共和国首府。1991年12月16日成为哈萨克斯坦共和国首都。1997年12月10日阿拉木图的首都地位被阿斯塔纳正式取代。阿拉木图机器制造、轻工业和仪器工业比较发达，交通便利，位于土西铁路干线上，是重要的枢纽编组站，铁路通往西伯利亚、乌拉尔和中亚诸城市。公路网纵横交错连接比什凯克、斜米帕拉丁斯克，并通过伊犁河谷直达中国新疆伊犁地区。哈萨克斯坦科学院及所属的30多个科研机构和基洛夫国立大学等16所高等院校均设在这里。

该市军事地位重要，20世纪60年代初期，苏联在这里成立中亚军区，80年代成立中亚军区空军、防空军司令部。1989年7月，中亚军区撤销，中亚军区空军、防空军司令部随之降为阿拉木图航空兵军、防空军军。1991年12月1日苏联解体，哈斯克斯坦共和国独立后，哈仍将最高军事指挥机构设在这里，并在阿拉木图航空兵军、防空军军基础上组建哈空军、防空军司令部。市东北10千米处有一军民合用机场，1952年4月建成，北纬43°42′，东经77°01′。有两条跑道，一条为水泥混凝土跑道，长4 400米、宽60米、厚50厘米，方向50°、230°；另一条为沥青跑道，长1 360米、宽45米，方向10°、190°。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。民航班机可至独联体各国主要城市，并与中国的北京、乌鲁木齐通航。

(孙全城)





Laiyin-Meiyin

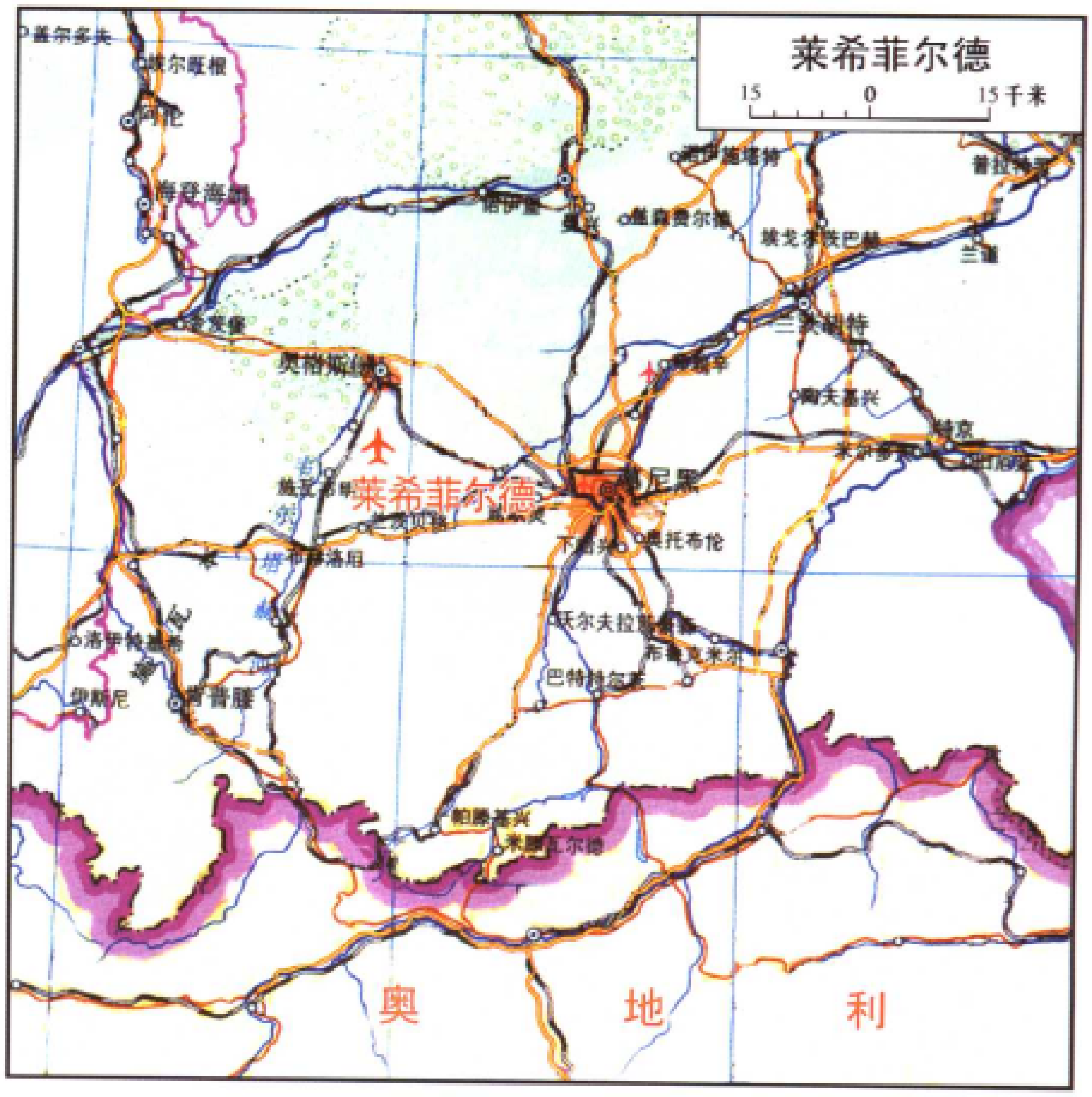
莱茵－美因 (Rhein-Main) 美国驻在德国法兰克福的空军基地。因地处莱茵河及其支流美因河之间而得名。曾是美军在欧洲最大的军事空运枢纽。基地位于法兰克福市西南8千米，北纬50°02′，东经8°34′，标高110.94米，占地3.9平方千米。地处丘陵地带，东北高，西南低，周围多树林。气候温暖湿润，1月平均温度0℃，7月平均温度17.5℃，年均降水量600～700毫米。陆路交通发达，高速公路和铁路与机场连接。基地与法兰克福美因国际机场共用3条水泥混凝土跑道。北跑道长4 000米、宽61米，方向70°、250°；南跑道与北跑道平行，间隔465.5米，长4 000米、宽45米；西跑道距南跑道西端约570米，长4 000米、宽45米，方向0°、180°。机场各项保障设施完备，可供各型飞机全天候起降。1936年启用，1940年始为德国空军基地。1945年3月起美军使用，1948年曾为支援柏林空运行动的基地，1975～1992年是美军事空运司令部在欧洲的基地。曾驻战术空运联队、特种作战联队等。其任务是对整个欧洲提供物资、装备以及人员的紧急支援。常驻军职人员534人，文职人员273人(2004)。美国定于2005年12月31日将莱茵－美因空军基地移交给德国。法兰克福美因国际机场航站区位于机场北部，是欧洲大陆最大的空运枢纽。1997年客运量达4 027万余人次，飞机起降392 021架次，货运量(除邮件外)达140万余吨。按客流量排名，是德国第一、欧洲第二、世界第八的航空港。有候机楼两座，第一候机楼建筑面积45万平方米，是欧洲最大的候机楼，呈“Y”字形，共有90多个停机位，候机楼下的火车站每日运行200多列，连通市区和其他城市。第二候机楼有26个停机位，其中有8个宽体客机用的停机位。

(王怀玉)

Lamushitaiyin

拉姆施泰因 (Ramstein) 美国驻在德国莱茵兰－普法尔茨州的空军基地。西欧最大的军用机场。美驻欧洲空军司令部和北约中欧盟军空军司令部所在地。位于德国西南部莱茵兰－普法尔茨州拉姆施泰因附近，东距凯撒斯劳滕12千米。北纬49°26′，东经7°36′，面积41.53平方千米。地处哈尔特山和萨





尔－纳厄山区之间，普法尔茨林山自然保护区西部边缘。交通便利，美因茨市经凯撒斯劳滕通往法国的高速公路和铁路从基地南侧通过。气候温和湿润，1月平均气温0℃，7月平均温度17.5℃，年均降水量700毫米。沥青混凝土跑道，长2 819米、宽45米，方向87°、267°，标高238米。机场各项保障设施齐备，可供各型作战飞机全天候起降。1953年启用，曾驻美空军战术战斗机联队、空军师司令部、空运师司令部、气象联队、情报联队和驻欧美空军武器试验室等。1990年8月～1991年1月，从美国本土通过欧洲航线向海湾地区运送作战物资的8 000多架次大型运输机中，有9%在基地作中间停留。基地驻有军职人员14 300人，文职人员6 700人(2004)。

(王怀玉)

Laixifei'erde

莱希菲尔德 (Lechfeld)　德国空军基地。北纬48°11′，东经10°51′。位于德国南部拜恩州莱希河西畔，东距慕尼黑市50千米，北距奥格斯堡19.5千米，南距兰茨贝格13.5千米。地势平坦，气候温和，属大陆性温带气候。最冷(1月)平均气温0～－2.5℃，最热(7月)平均气温15～17.5℃，年均降水量800～1 000毫米。该基地按北大西洋公约组织战术空军机场标准修建，由北约组织盟国空军司令部管辖。混凝土跑道，长2 442米、宽30米，方向30°、210°。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降，军民共用。

(王连克)

Piyaqincha

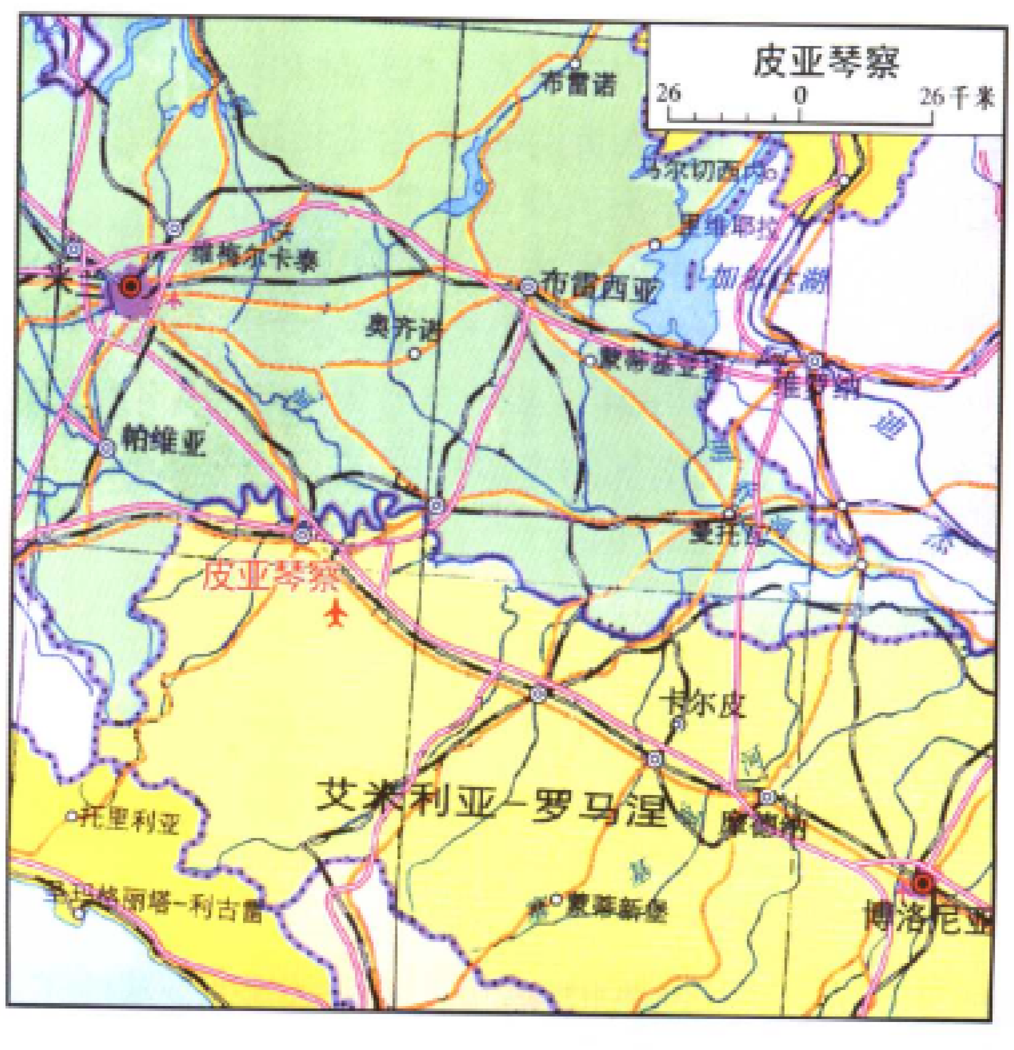
皮亚琴察 (Piacenza)　意大利共和国北部城市，空军基地。位于亚平宁半岛北部，波河中游南畔，艾米利亚－罗马涅区皮亚琴察市南15千米处，西距桑达米阿诺1.5千米。北纬44°54′，东经9°43′。人口9.5万(2003)。重要工业中心，交通枢纽。机械制造、化工、水泥、食品、纺织和家具制作等发达，是米兰至博洛尼亚铁路和公路交通的枢纽。皮亚琴察空军基地实地名嘎埃塔诺·马札(Gaetano Mazza)，供意大利空军和北大西洋公约组织盟军空军部队使用。基地四周地形较平坦，净空条件良好，标高143米。沥青跑道，长2 996米、宽45米，方向120°、300°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

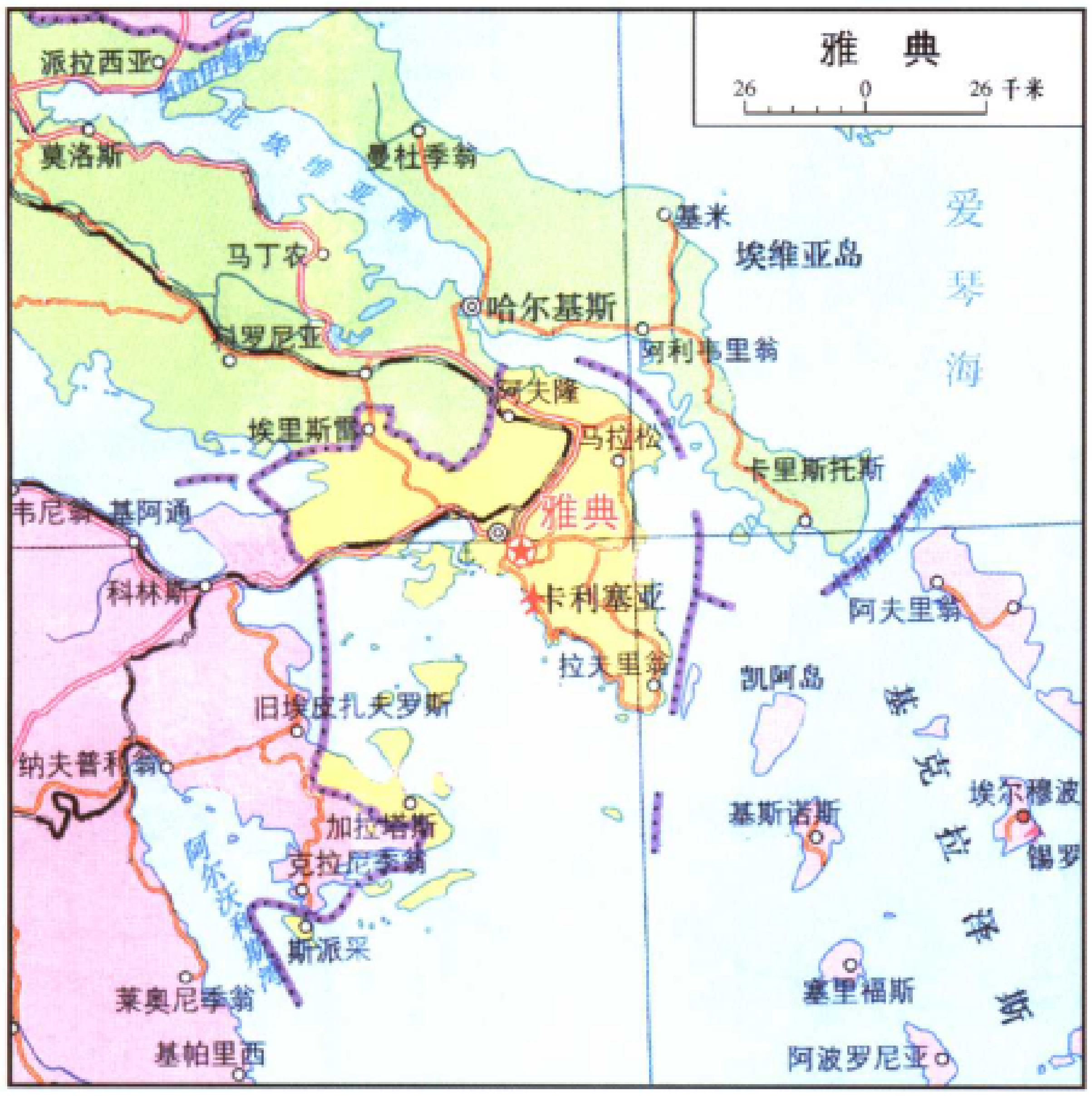
(杨平和)

Yadian

雅典 (Athens)　希腊共和国首都，全国政治、经济和文化中心。位于希腊阿提卡半岛西南部，濒临爱琴海萨罗尼克斯湾，北纬37°58′，东经23°43′，为希腊海上门户和东地中海地区重要航空中心之一。面积427平方千米，人口400万(2004)，约占全国总人口的31%。属亚热带地中海型气候，最低气温－6.7℃，最高气温42.8℃。年均降水量390～414毫米，雨量集中在冬季，夏季干旱少雨。

雅典始建于公元前8世纪，公元1835年被定为希腊王国的首都。第二次世界大战后，城市范围扩大到比雷埃夫斯港，成为全国政治、经济、文化中心和交通枢纽。全国约59%的工业企业集中于此，产值占全国工业总产值的70%。雅典作为世界历史名城，古希腊文明发源地之一，拥有著名







的希腊历史博物馆、巴台农神庙和宪法广场等名胜古迹。

雅典是希腊重要的海、陆、空交通枢纽，亦是东地中海地区重要交通中心之一。有铁路通往伯罗奔尼撒半岛和塞萨洛尼基等地，并与东欧铁路相连。市西南8千米的比雷埃夫斯港是希腊最大的对外贸易港和海军基地，港口分内、外两港。内港为商港，是全国的航运中心，承担希腊海洋货运量的65%。希腊主要的造船工业亦云集于此。海军基地位于外港，码头水深9.6～11米。

雅典有埃利尼科和奥林匹克两个机场。埃利尼科机场位于雅典市南16千米处，为军民共用机场。地处地中海东部战略要地，靠近地中海和黑海间的海上航线，北纬37°53′，东经23°43′，面积约6平方千米，标高27米。有两条沥青混凝土跑道，东跑道长3 500米、宽60米；西跑道长3 150米、宽45米，方向均为153°、333°。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1947年启用，曾多次大规模修扩建。1953～1991年为美空军在南欧地区的主要运输机基地和驻希腊美军的供给中心。

奥林匹克民用机场由国营奥林匹克航空公司独家经营，担负雅典至国内各地乘客和货物的航空运输。亦是该国民航局的区域管理中心，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

（刘 高）

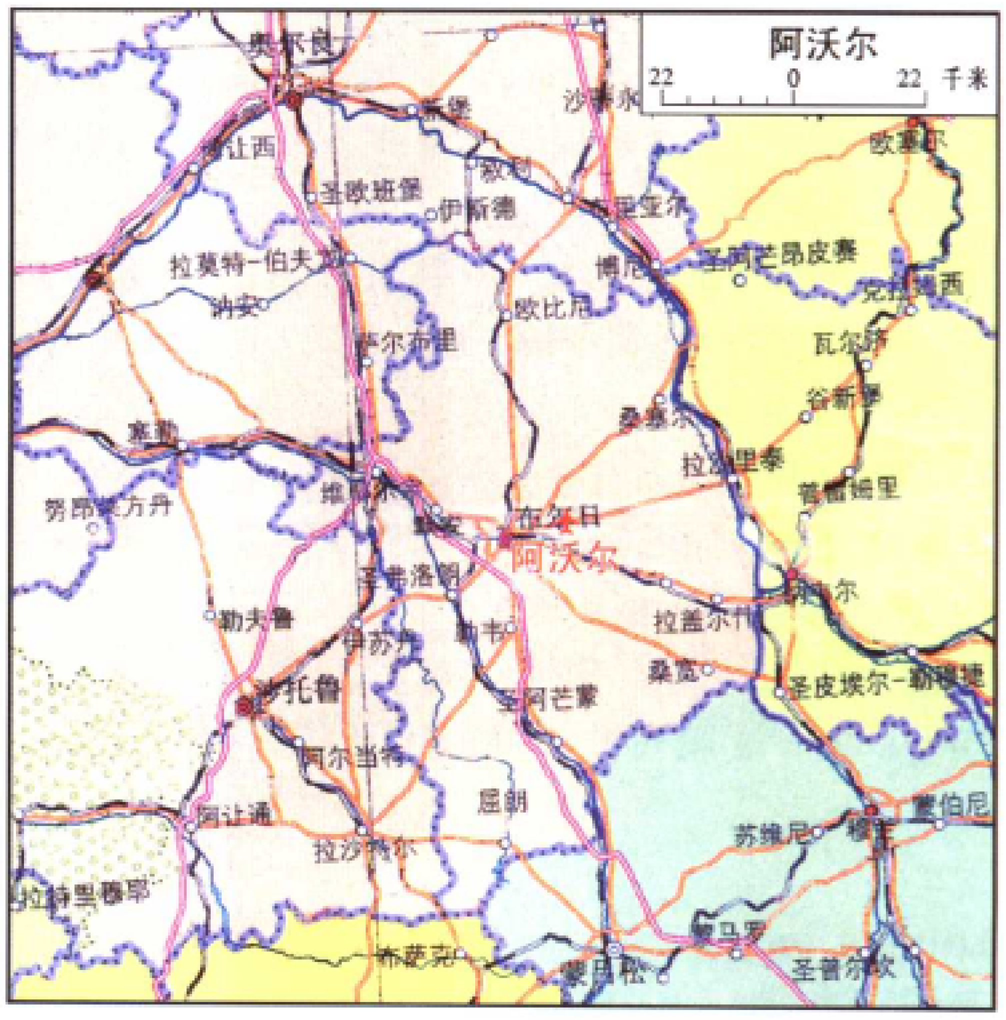
Tuoleihong

托雷洪 (Torrejon) 西班牙中部城市，空军基地。基地位于托雷洪市东北3.2千米处，西距马德里15千米，北纬40°24′，西经3°43′，面积13.2平方千米，标高608米。地处西班牙中部高原，夏季燥热，冬季寒冷，平均气温：1月1℃，7月31℃。有一条沥青混凝土跑道，长4 085米、宽61米，方向50°、230°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。根据1953年美国与西班牙签订的军事协定，按照战略轰炸机基地进行修建，1967年由美空军驻欧洲战术空军使用。是美国设在南欧最大的战术战斗机基地和驻欧军事人员调动、补给中转站。1991年海湾战争初期，美国运往海湾的军事人员、作战器材和弹药，约80%经此中转。1992年驻该基地美空军飞机全部撤至意大利南部的克罗托内市圣空娜机场。

（刘 高）

Awo'er

阿沃尔 (Avord) 法国空军基地。位于法国中部布尔日市东20千米处，北纬47°03′，东经2°38′，面积约14平方千米，标高175米。基地东、南、北三面环山，地势起伏较大，西部为平原。基地东、西30千米处分别为拉泰拉勒卢瓦尔运河、谢尔河，均自东向西流入大西洋。属温带海洋性气候，冬温夏凉，湿润多雨，1月平均气温2℃，7月平均气温21℃，年均降水量650毫米。基地西18千米、西南10



千米、北5千米处分别有巴黎—克莱蒙费朗高速公路、里昂—布尔日公路和沙托鲁—特鲁瓦公路通过，交通便利。有一条沥青混凝土跑道，长3 500米、宽45米，方向62°、242°。旧跑道两条，均长1 450米、宽80米，作联络道和直升机起降坪使用。机场各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。战略地位十分重要。基地部署有“阿瓦克斯”地对空防御系统，担负基地的防空任务。

（刘全良）

Bo'erduo

波尔多 (Bordeaux)　法国西南部港口城市，吉伦特省省会，阿基坦区首府，空军基地。亦称梅里尼亚克空军基地。法国西南地区政治、经济中心。地处法国西南部大西洋沿岸、阿基坦盆地中部，多葡萄种植园。属温带海洋性气候，1月平均气温5.2℃，8月平均气温19.6℃，年均降水量900毫米。历史上曾3次为法国政府所在地。主要工业有炼油、航空、石油化工、造船、酿酒、制糖和木材加工等，是世界著名葡萄酒产区之一。梅里尼亚克飞机制造厂位于基地北部，是法国达索公司最重要的飞机装配中心，设有5条飞机总装线，其中民用飞机装配线3条，主要装配"神秘-隼"200/50/900型飞机；军用飞机装配线2条，主要装配幻影-F1和幻影-2000型战斗机。

机场位于波尔多市以西10千米处，北纬44°49′，西经0°42′，面积约9平方千米，标高49米。基地周围地形平坦开阔，净空条件良好，有两条水泥混凝土跑道，其中主跑道长3 100米、宽45米，方向48°、228°；辅助跑道长2 415米、宽45米，方向110°、290°。为军民共用机场，各项保障设施齐备，可供各型飞机起降。该基地曾为美军在西欧地区主要空军基地，现为法空军重要的歼击机和运输机基地，驻有法国大西洋空军司令部。

（刘全良）



Gelinhankangmang

格林汉康芒 (Greenham Common)　美国空军曾驻英国的基地。位于英国南部伯克郡纽伯里市东南3.2千米，伦敦市西南75.6千米。北纬51°23′，西经1°17′，标高118米。周围低山环绕，气



候潮湿，夏季平均最高气温28℃，冬季气温有时会降至0℃以下。有一条沥青混凝土跑道，长3 050米、宽60米，方向110°、290°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1992年1月30日，美国宣布关闭该基地。

（姚建华）

Mi'erdenghuo'er

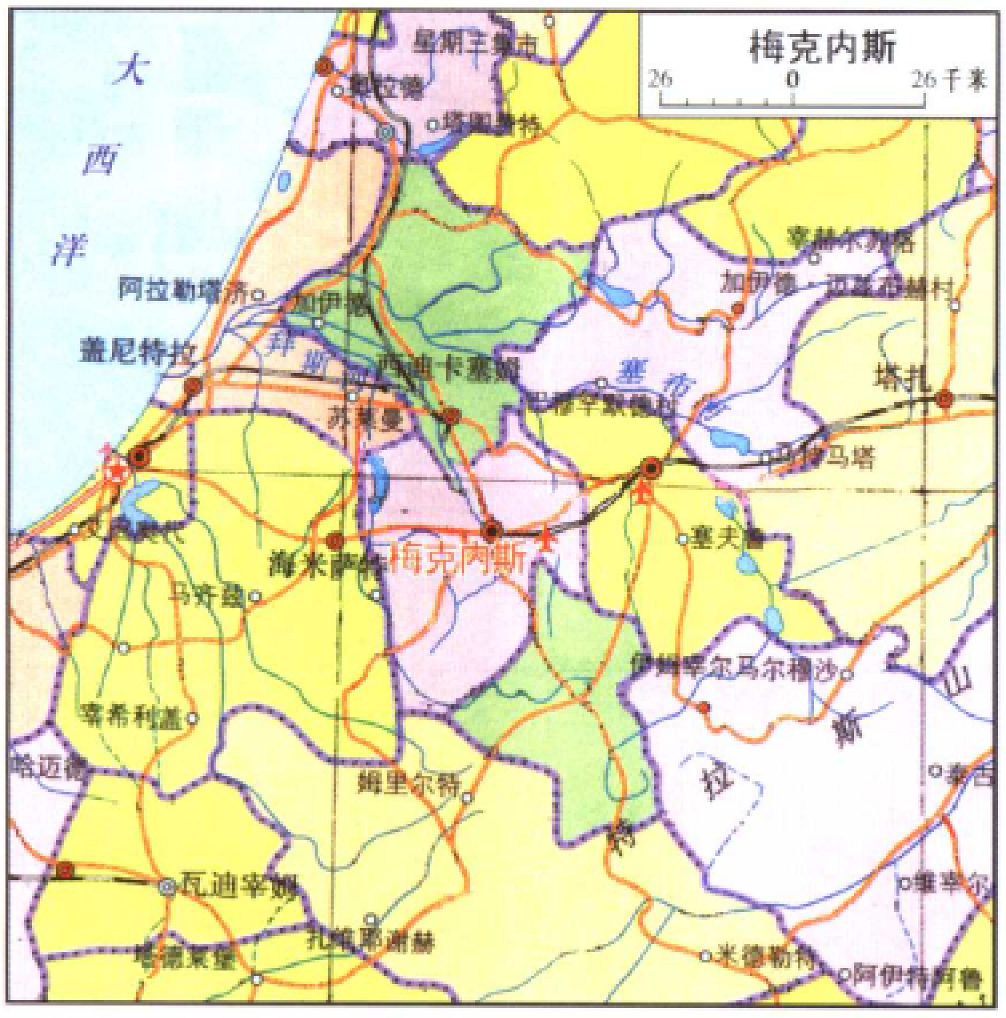
米尔登霍尔 (Mildenhall)　美国空军驻在英国的基地。是美国由本土增援欧洲的军事空运转运站和战略空军的加油基地。1934年启用，1950年美军进驻。位于英国东南部萨福克郡米尔登霍尔市西北3.2千米，剑桥东北48千米。北纬52°22′，东经0°29′，面积4.63平方千米，地势低平，标高10米。有一条沥青混凝土跑道，长2 812米、宽61米，方向103°、283°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。基地驻有美国空军第3航空队司令部、第100空中加油机联队、驻欧加油机特遣队、352特种作战大队、513战术空运联队和海军航空站等单位，驻有军职人员5 000人，文职人员240人(2004)。



（姚建华）

Meikeneisi

梅克内斯 (Meknes) 摩洛哥王国北部城市，梅克内斯省省会，空军基地。摩洛哥北部古城，全国4个皇城之一。位于中阿特拉斯山脉北坡，东北距非斯53千米。有铁路通拉巴特、达尔贝达(卡萨布兰卡)、萨菲、丹吉尔、乌季达。人口75万(1990)。创建于10世纪，11世纪为穆拉比王朝的要塞，1673年定为摩洛哥首都。1911年由法国占领。伊斯兰教圣地，附近多古罗马时代的文物古迹遗址。主要工业有榨油、食品、水泥、木材加工、纺织工业。盛产油橄榄、葡萄、小麦、柑橘属水果。属地中海型气候，年均降水600毫米。空军基地位于梅克内斯市东南郊，北纬33°52′，西经5°13′。有两条跑道，一条长2 520米、另一条长2 500，宽均为50米。各项保障设施齐备，可供各种中小型飞机起降。



(郭书文)

Kaili

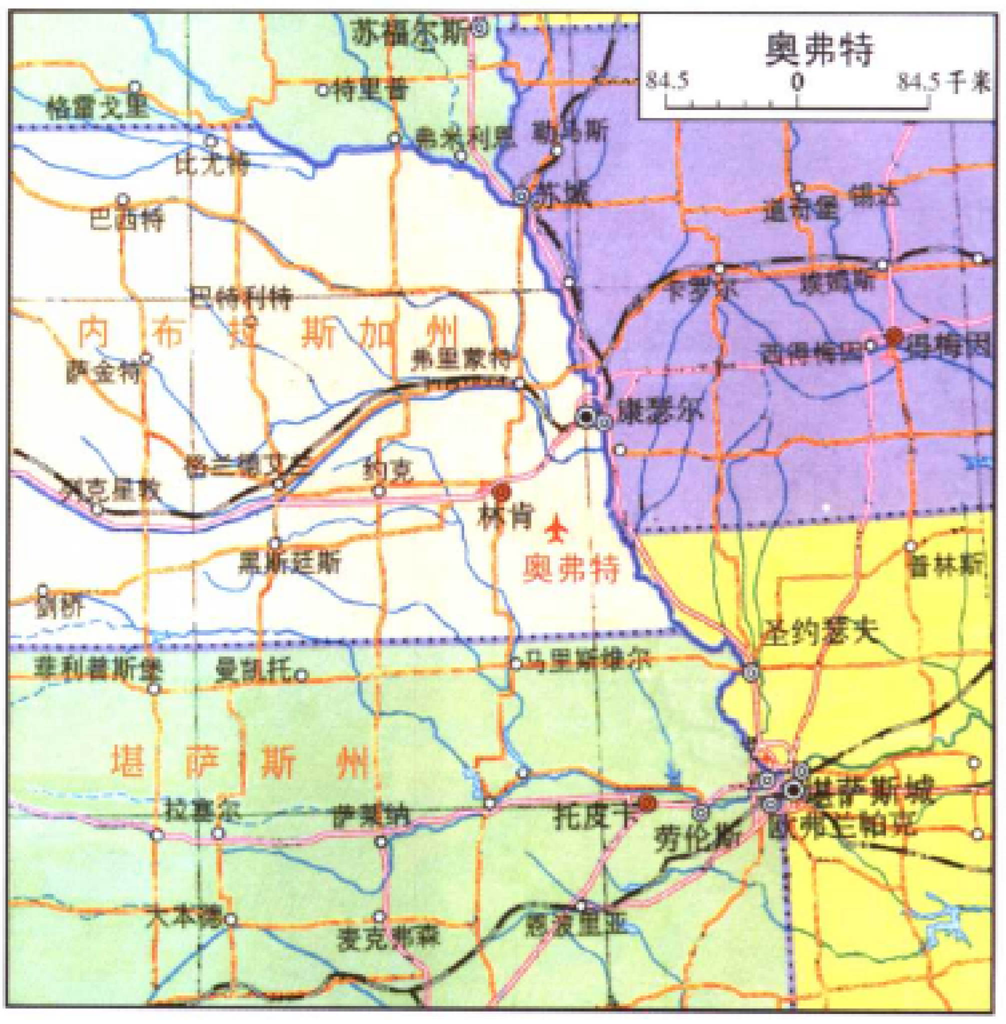
凯利 (Kelly) 原美国空军后勤基地。隶属空军器材司令部。位于得克萨斯州圣安东尼奥城西南8千米处，利昂河畔，西邻拉克兰空军基地。亚热带气候，冬短夏长，冬秋气候变化较大，冬季平均气温10℃，夏季平均气温24℃，年均降水量762毫米。北纬29°23′，西经98°35′，占地面积19平方千米，标高210米。混凝土跑道，长3 520米、宽91米，方向150°、330°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1916年建成，以美军第一位失事飞行员G.E.M.凯利中尉的名字命名。空军成为独立军种后，于1948年改为空军基地。1958年担负空军核武器装备的维护保养。1974年更名为圣安东尼奥空军后勤中心。除对空中作战司令部的B-52型轰炸机和空中机动司令部的C-5型运输机提供支援外，还负责空军75%的发动机的储存、维护、保养和航天地面设备的研制与维护。驻有空军情报局、空军信息战中心、空军密码支援中心、空军新闻局、空军审计局、国防情报系统局、国防给养局、国防分发仓库、空军后备役C-5型运输机空运联队、空军国民警卫队F-16型战斗机联队等单位。2001年7月31日该基地关闭，圣安东尼奥空军后勤中心担负的任务调整给其他后勤单位。现有专职驻守人员323人。



(田 军)

Aofute

奥弗特 (Offutt) 美国空军基地。隶属于空军空中作战司令部。位于内布拉斯加州东部奥马哈以南13千米处，北纬41°07′，西经95°54′，面积16平方千米，标高349米。水泥混凝土跑道，长3 568.5米、宽91米，方向120°、300°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。1896年启用，原名克鲁克堡着陆场，美陆军所属。1924年以第一次世界大战阵亡的飞行员J.奥弗特中尉的名字命名。1946年改为空军基地。基地地下14米处设有战略司令部指挥所，面积约1.2万平方米，分3层，分别为全球气象中心、通讯中心、中央控制室；能自动封闭，依靠内部储备可支持30天。一旦美国和欧洲盟国遭到攻击，接到总统命令即可向该司令部所属任何一个陆基、海基、空基战略核部队下达作战命令，1分钟内即可实施核反击。驻有美空军战略司令部、联合情报中心、空军气象局和国家空中作战中心和空中作战司令部所属第55联队。1961年2月～1990年7月，驻奥弗特空军基地的战略空军空中指挥所，每天升空3架EC-135型飞机保持24小时不间断的空中值班，随时准备接替地下指挥所的职能。设在奥弗特空军基地的战略司令部(1992年6月1日成立)，平时为计划、协调机构；战时或危急情况下负责集中指挥陆、海、空战略部队。基地驻有军职人员7 870人，文职人员1 667人(2004)。



(韩佩石)

Kanaweila'er Jiao

卡纳维拉尔角 (Canaveral, Cape) 美国佛罗里达半岛东海岸中部一突出尖角




卡纳维拉尔角移动式发射台

地带，美国东部航天基地。1963～1973年称肯尼迪角。位于卡纳维拉尔半岛三角地东端，北纬28°27′，西经80°32′，东濒大西洋，西邻巴纳纳河和梅里特岛，北畔莫斯基托泻湖。人烟稀少，草木丛生，气候温暖湿润，年均气温约22℃，年均降水量1 000毫米，纬度较低。交通便利，区域内岛屿众多，便于设置各种跟踪、观察、测量站，是理想的导弹、航天器发射场地。

1939年12月修建巴纳纳河海军航空站，1940年10月1日启用。1948年9月1日移交给空军。1949年6月10日，改建成联合远程试验靶场基地。后以第一次世界大战中阵亡的M.帕特里克少将的名字命名为帕特里克空军基地。1949年10月1日，在该基地成立联合远程试验靶场空军处和联合远程试验靶场前进司令部。1950年5月9日，美在卡纳维拉尔角开始建立第一个永久性发射场，同年7月24日首次发射一枚改进型V-2火箭。1954年7月美建成导弹装配大楼、中心控制站和4个发射场。1958年1月31日发射第一颗人造卫星“探险者1号”。1962年在角地的东部梅里特岛上成立肯尼迪航天中心。肯尼迪航天中心和帕特里克空军基地在美国航天与导弹发展史上占有重要地位。截止2002年底，共进行轨道发射活动583次。

肯尼迪航天中心是美国唯一的载人航天发射基地，位于北纬28°30′，西经80°36′，南北长55千米，东西最宽处16千米，面积560平方千米。用于载人飞船、航天飞机及有效载荷的试验、鉴定和发射，其中以向东南发射39°～57°轨道倾角的航天器为主。发射场有17、39A、39B、40、41和46号。39A和39B发射场建在梅里特岛，分别于1965年10月4日和1966年11月30日建成，曾执行“阿波罗”登月飞船和“天空实验室”空间站等发射任务，后经改建分别于1981年4月12日和1986年1月28日首次发射航天飞机，至1999年6月共进行94次发射。除航天发射设施外，还有司令部大楼、发射控制中心、数据处理中心、160米高的航天器装配大楼、空间活动支援大楼、操作与检查大楼，以及中心仪表、地面试验、燃料贮存检测、负载危险服务和降落伞回收、宇航训练与医疗等设施。航天飞机着陆跑道长4 800米、宽91米。在执行发射任务时，还需得到在角地东南1.6万千米航区内的岛屿上一系列跟踪测量站的支援，以及利用设在美本土及世界各地的跟踪站、测量船、测量飞机、跟踪和数据中继卫星进行跟踪测量。

帕特里克是美空军航天作战、航天发射勤务支援保障基地，东部为试验靶场管理机构驻地，位于卡纳维拉尔角南端，可可比奇南3.22千米，北纬28°14′，西经80°36′，面积9.47平方千米。跑道长2 745米，标高2.74米。驻有军职人员2 200人，文职人员1 550人(2004)。

（韩佩石）

Daiyesi

戴耶斯 (Dyess)　美国空军基地。隶属于美国空军空中作战司令部。位于美国得克萨斯州阿比林城西南角，北纬32°25′，西经99°51′，标高545米，面积26平方千米。夏季炎热多风，常有雷暴闪电和龙卷风，冬季寒冷，有积雪，极端最低气温－18℃，平均气温29～37℃。建有3条跑道，主跑道长4 115米、宽91米，方向160°、340°，各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

该基地1942年建立，为美国陆军航空兵战斗机训练基地。1956年12月6日，为纪念第二次世界大战中在P-38型飞机坠毁时丧生的驾驶员W.E.戴耶斯中校，易名为戴耶斯空军基地。1961年2月8日，C-130型运输机进驻该基地。1985年6月29日，接收第一批B-1B型轰炸机。驻有美国空军第7轰炸机联队和第317空运大队，分别装备36架B-1B型轰炸机和28架C-130型运输机

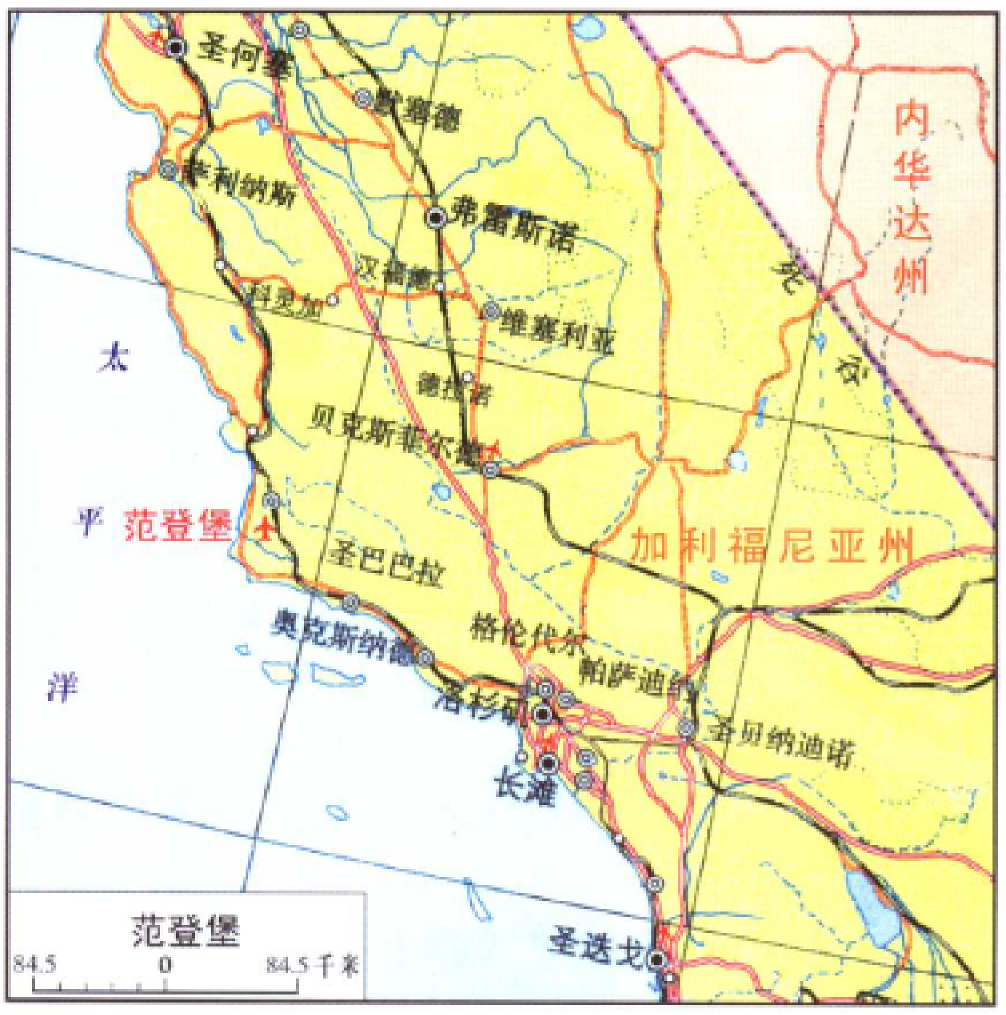


(1999)。基地驻有军职人员5 160人，文职人员526人(2004)。

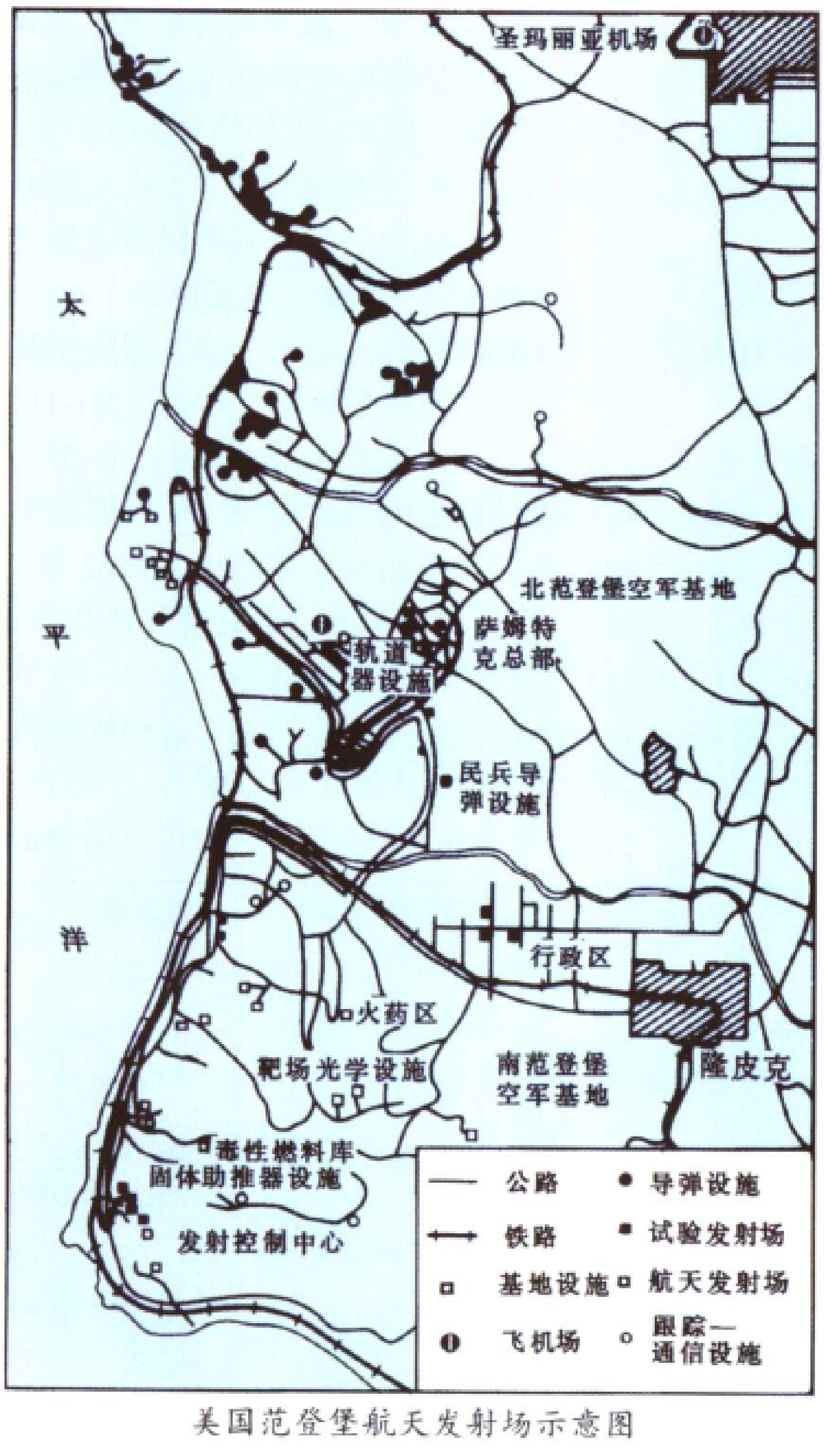
（薄玉华）

Fandengbao

范登堡 (Vandenberg) 美国空军基地。亦称美国西部试验场。隶属于航天司令部。美国政府和商业部门向极轨道发射非载人卫星的基地，美军向太平洋马绍尔群岛夸贾林靶场试射洲际弹道导弹的场地。位于加利福尼亚州中部海岸，东南距洛杉矶241千米，距隆波克13千米。北纬34°44′，西经120°35′，面积398平方千米，标高112米。气候温和，雨量适中，多雾无雪。



该基地1941年10月建立，为陆军装甲部队与步兵训练基地，名为科克兵营。1958年10月更名为范登堡空军基地，以纪念美空军第二任参谋长H.S.范登堡将军。1958年12月首次发射“雷神”中程



美国范登堡航天发射场示意图

地对地弹道导弹。1959年2月发射世界第一颗极轨道卫星“发现者1号”，美国第一颗照相侦察卫星。1959年10月美国第一枚载有核弹头的“阿特拉斯”洲际弹道导弹在此正式担负警戒任务。1961年5月从地下井发射“大力神Ⅰ”地对地导弹。1962年8月首次发射“阿特拉斯F”洲际弹道导弹。1965年8月试射“民兵Ⅱ”洲际弹道导弹。1983年6月试射MX导弹。1991年3月试射“大力神Ⅳ”航天器运载火箭。1996年2月试射“三角Ⅱ”商业航天器运载火箭。截止2002年底，共进行轨道发射活动620次。基地设有战略导弹和运载火箭综合发射系统及一座现代化机场，跑道长4 572米，方向120°、300°。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。基地主要任务：支援极轨道空间发射和研究与发展试验活动；为国防部、空军和国家航空航天局的空间系统、弹道导弹、航空系统活动及商业空间发射活动管理靶场；为国防部空间系统和洲际弹道导弹系统提供支援。基地驻有军职人员3 400人，文职人员1 400人(2004)。

(白丽红)

Aidehuazi

爱德华兹 (Edwards) 美国空军飞行试验基地和航天飞机备用降落场。位于美国加利福尼亚州莫哈维沙漠西部边缘，洛杉矶市东北约160千米，罗莎蒙德市以东25千米处，北纬34°54′，西经117°52′。地处美国太平洋沿岸南段，亚热带地中海气候带，1月平均气温高于0℃，7月平均气温接近30℃。年均降水量不足100毫米。基地面积1 218平方千米。有跑道21条，最短一条跑道长1 219.2米，最长一条跑道长11 887.2米，标高701.65米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。



爱德华兹空军基地所在地原名穆罗克镇，1929年，J.K.诺斯罗普将干涸的湖床作为陆军飞翼式飞机试飞场。1933年，阿莫德中校在罗杰斯湖东部建立了一座靶场，主要用于射击和轰炸训练。1941年12月7日，日本偷袭珍珠港促使美国军方决定立即将穆罗克作为搜寻在太平洋日本舰队的巡逻轰炸机基地，为P−38、B−17、B−24、B−25和B−29等型奔赴海外参战的飞机提供战前训练。战争结束后，穆罗克基地只用来担负飞行测试和其他实验工作。1947年10月14日，C.E.雅格首次驾驶贝尔X−1型机在穆罗克上空实现超音速飞行。1950年1月27日，为纪念XB−49型机试飞中遇难的G.爱德华兹上尉而改称为现名。主要任务是对美国空军发展和改进中的各型飞机，如F−117、B−1B、B−2、F−15E、F−16、C−17A、F−22等有人驾驶和无人驾驶飞行器及

有关飞行控制和武器系统进行试验并作出评估。此外，还为国防部、国家航空航天局以及政府机构进行飞行测试和方案评估。美空军飞行试验中心在这里开办有试飞员学校，用以培养试飞员、试飞机械师和试飞领航员。基地还驻有：空军器材司令部航空发动机研究实验室、菲利浦实验室的航空航天处、国家航空航天局的阿姆斯、德莱顿飞行研究所。也是美国航天飞机的备用降落场和X-33RLV可多次回收火箭的发射场。1981年4月14日，美国航天飞机在爱德华兹基地首次实现从太空中返回。基地驻有军职人员3 116人，文职人员3 080人(2004)。

（毛子成）

Huohuade

霍华德 (Howard)　美国原驻在巴拿马共和国空军基地。位于巴拿马运河区，巴拿马城北侧。北纬8° 55′，西经79° 36′，标高16米。跑道长2 591米、宽45米，各种保障设施齐全，可供各型飞机全天候起降。根据1903年美国与巴拿马签订的《海约翰－比诺－瓦里亚条约》，美国取得了巴拿马运河的开凿权、使用权和对运河区的单独经营控制权。为扼守大西洋通往太平洋的战略航道——巴拿马运河，1928年，美国修建

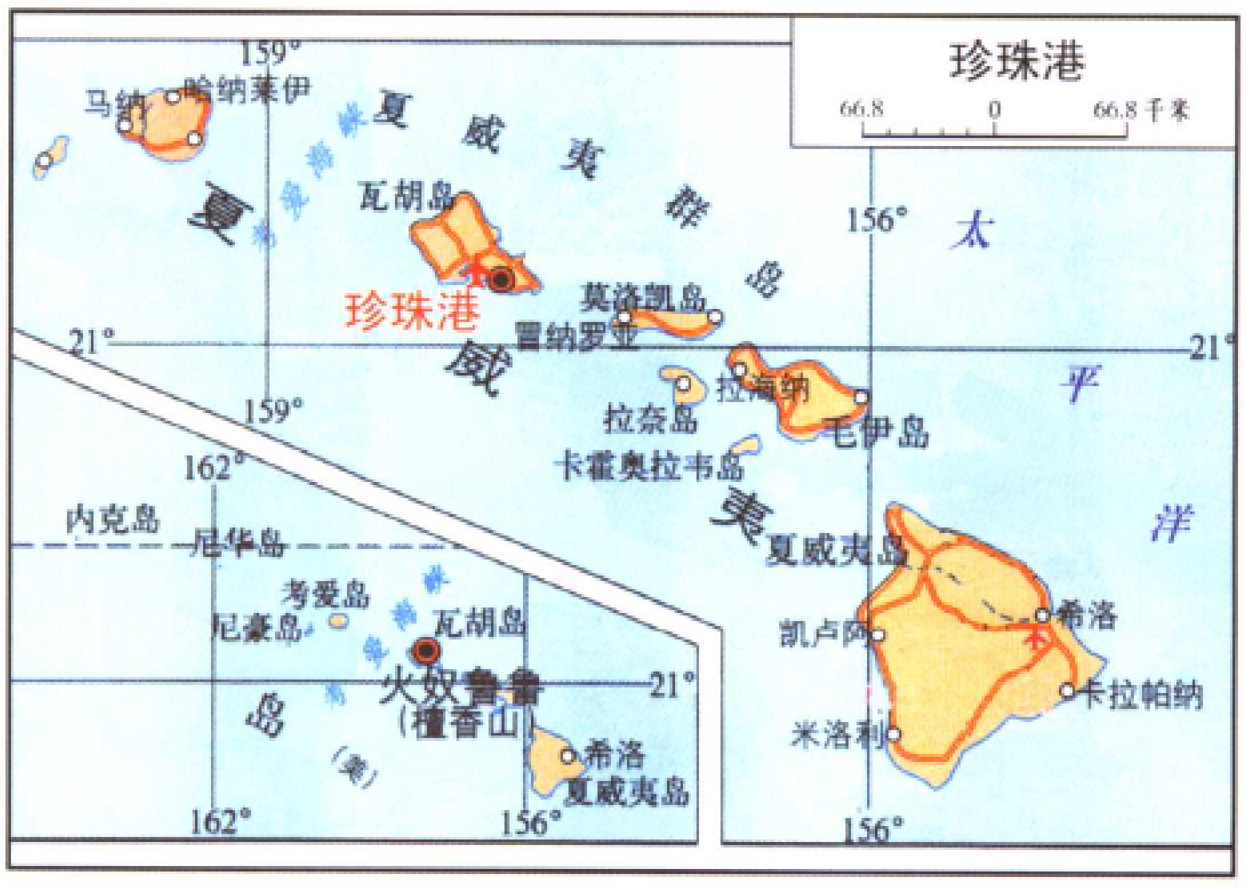


海军航空站，以C.H.霍华德少校之名命名。1948年改为空军基地。1950年关闭，1960年重新启用。为美国空军南方司令部所属南方空军师的支援基地。1999年12月31日，美国将运河和运河区主权及管理权交还巴方，撤走了驻巴美军。

（毛子成）

Zhenzhu Gang

珍珠港 (Pearl Harbor)　美国夏威夷州天然良港，重要海、空军基地。位于太平洋中部夏威夷群岛的瓦胡岛南端，东



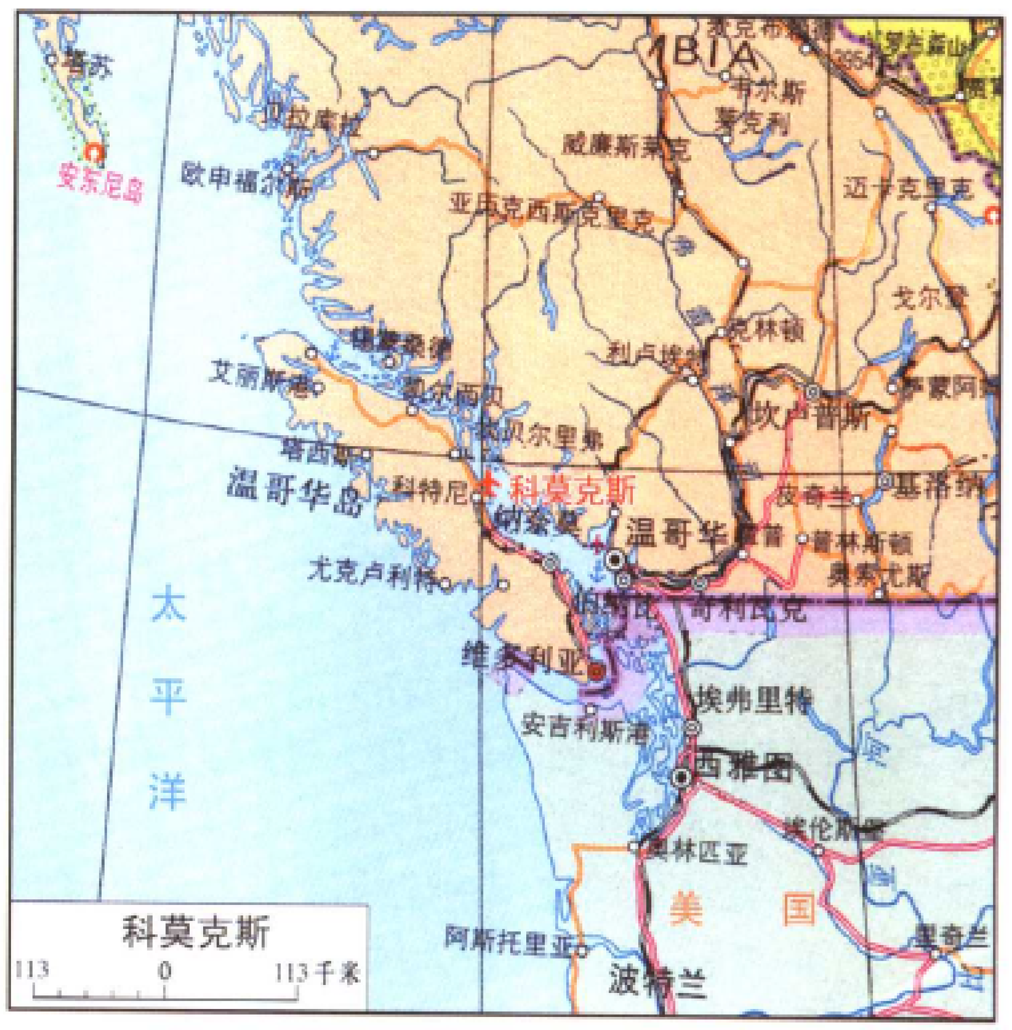
距州府火奴鲁鲁(檀香山)9.6千米，北纬21° 22′，西经157° 58′。港域面积89平方千米，陆地50平方千米。珍珠港入口处东面为希卡姆空军基地和火奴鲁鲁国际机场，西面是海军军事区。港区有3座海军航空站：进港航道西侧为巴帕斯角海军航空站；北面为福特岛海军航空站；东北约25千米处为卡内奥赫湾海军陆战队航空站。珍珠港西北约20千米处是惠勒空军基地。美国太平洋舰队总司令部、第3舰队司令部、太平洋舰队潜艇部队司令部、后勤部队司令部和舰队陆战队司令部都设在珍珠港。希卡姆空军基地驻有美国太平洋空军司令部和第15空军联队。该基地与火奴鲁鲁国际机场共用4条跑道，跑道长分别为3 760米、3 600米、2 740米、2 120米，标高4米，占地面积11平方千米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。主要为夏威夷和太平洋地区约140个所属单位提供基地支援、后勤保障、美本土与西太平洋之间转场飞机的技术维护和加油。基地驻有军职人员4 816人，文职人员1 293人(2004)。

1887年，美国从当时的夏威夷王国获得在珍珠港建立海军基地的权利，美国海军在此修建船舶修理站和燃料供应站。1911年起，美国将珍珠港扩建为太平洋最大的海、空军基地之一。希卡姆空军基地1938年9月启用。1941年12月7日凌晨(当地时间)，日本海、空军偷袭珍珠港，击沉击伤美国军舰19艘，击毁飞机272架，美军死伤3 581人。12月8日，美国正式对日本宣战，夏威夷海、空军基地作为美国反击日本的前进基地。

（姚秋根）

Kemokesi

科莫克斯 (Comox)　加拿大空军基地。位于加拿大不列颠哥伦比亚省温哥华岛东北岸，科特尼市以东7千米处，北



纬49° 43′，西经124° 53′。气候温和、湿润。有两条跑道，一条长3 000米、宽60米，另一条长1 500米、宽60米。各项保障设施齐备，可供各型飞机全天候起降。

（姚秋根）

空军测绘

kongjun cehui

空军测绘 (air force surveying and mapping) 空军为其建设和运用活动的需要所进行的获取和提供地理、地形资料等信息的专业技术措施及相应活动的统称。空军作战指挥保障之一。主要目的是：保障空军各级指挥员了解作战、训练空域的地理形势和地形情况；保障航空兵部队在作战、训练中利用地形、地物，实施正确的空中领航和地面引导；保障各种技术兵器准确部署定位，提供打击目标的精确位置，实施精确打击。

主要任务 ①航空摄影。利用航空摄影机从飞机上摄取地面的图像信息。通过摄影获取广大地域的高分辨率图像，为战术、战役行动提供航空像片，经过像片判读，获得有关地形和敌方兵力部署、军事设施等准确情报。航空摄影还为航空摄影测量提供基础资料，减少野外作业，降低成本，具有快速、精确、经济等优点，广泛用于测制地形图。②编制、出版和更新各种比例尺的航空图和专用图。航空图编制包括地图投影选择、地图编绘和制印。地图投影的基本问题是如何将地球表面(椭球面)表示在平面上。因地球椭球面是不可展开成平面的曲面，要将其展开成地图平面必然会产生裂隙或褶皱，地图投影就是运用一定的数学法则，将地球椭球表面的点(或线)转化为与地图平面之间点与点(或线与线)的对应。将地球椭球表面连续和完整地表示在平面上，会产生这种或那种歪曲，在地图投影中称之为变形，一般可分为长度、面积和角度3种变形，若给予一定条件的限制，如等角条件、等距离条件，即可使其中某种变形为零。地图投影选择就是依据地图用途的要求，选择合适的投影。通常飞行人员要在图上测量航距和航线角等有关飞行数据，因此地图投影的选择，关系到飞行方向和距离准确。普通航空图的投影，在中、低纬度地区，一般选用角度无变形、长度和面积变形相对较小的双标准纬线等角圆锥投影。在高纬度地区，采用极球面投影(等角方位投影)。地图编绘是用内业法获取编绘原图的作业。根据国民经济和国防建设对地图用途的要求，地图比例尺所允许的地图容量，客观地反映制图区域地理特征，这3个方面是紧密相关的。通过对地形各要素进行综合取舍，并运用地图图式所规定的符号将各种地物表示在图上，使图面清晰易读。地图制印是对出版原图进行制版和印刷，获取充足数量的地图，以满足大量用图的需要。③实施测绘保障。主要任务是储备、供应测绘资料，包括各种地形图、航空图、海图、专题图和大地成果资料；组织实施军用机场测量和高炮、地空导弹、雷达阵地联测，提供坐标、方位、高程和地形资料。④研制航空图新品种。航空图科研机构的建立，为开辟具有中国特色的航空图道路创造了条件。1989年完成第三代1:100万航空图的研制和生产。该图选择了双标准纬线等角圆锥投影，地貌显示采用等高线、分层设色、晕渲和相对平地法，空中读图与实地对照更直观、逼真，增强了地貌立体感；充实了航空要素，减轻了飞行前的图上作业，达到飞行用图的要求。1993年完成了航空图计算机辅助制图系统的研究，并投入生产使用，提高了制图效率，增加了地图品种，丰富了地图功能。数字制图的新方法，将逐步取代传统的手工作业方式。已逐步建立了航空图数据库，满足空军各级机关、部队对数字航空图的需要。

简史 军事测绘起源于作战中对地形的研究与利用，地图逐步成为指挥作战的重要工具。军事测绘就是从测绘和提供地图发展起来的。中国西汉时测制的“地形图”和“驻军图”(1973年在湖南长沙市马王堆三号汉墓出土，系公元前168年的殉葬品)，就较详细地显示了河流、山脉、城镇、道路四大要素和军事情况，是迄今世界上发现最早的军用地图。1909年德国生产了第一张航图。第一次世界大战中，开始利用飞机进行空中摄影侦察，随后产生了航空摄影测量测制地形图的新方法，是测绘技术的重大发展。战后各国空军逐步发展，普通地形图已不能满足飞行领航的需要，航空图逐步得到发展。美国1924年开始编绘出版1:100万航图(AAF)，制图区域为北美和欧、亚、非洲地区，后又扩展到全球范围，改名为世界航空图(WAC)。从此，航空图逐步形成独立的图种。第二次世界大战期间，随着飞机性能的提高，航空事业的发展，致使许多国家都先后开始了航空图的编制和出版工作。到20世纪末，世界上一些发达国家逐步采用计算机制图技术生产数字航空图。

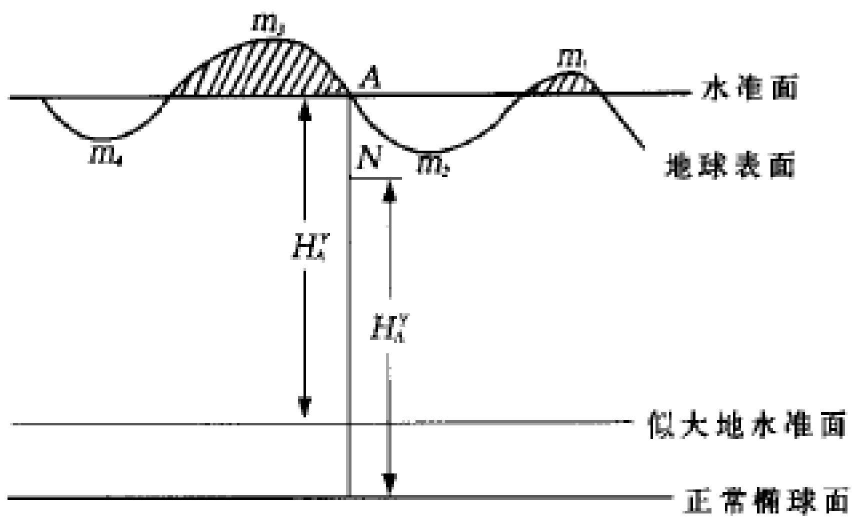
中华人民共和国建立前，中国空军飞行用的多为单色1:100万舆图。1954年中国人民解放军空军航空测量队成立，1956年改称“空军航空测量大队”，1959年扩编为“空军航空测量团”，1965年又改称为“空军航空兵测量团”。1965年9月，组建空军制图队，1970年扩编为“空军司令部航图大队”，当年完成含中南半岛在内的第一代1:100万航空图的编绘和印刷出版，填补了中国航空图的历史空白。80年代初编制、出版了各种比例尺的普通航空图、空军基地图、无线电领航图、空中情况图、穿云图以及机关工作用图等数十种，其中包括1:50万三军协同用图和1:200万航空图。与此同时，进行第二代1:100万航空图的编绘出版工作，成图范围扩展到了全亚洲、欧洲和非洲北部地区。

展望 为适应现代战争条件下军队的快速反应能力，空军测绘应通过航天遥感、影像数字化测图等新技术，提高航空图资料的现势性；逐步发展以电子航空图、数字影像航空图为标志的动态产品，采用现代化交通工具、网络交换等多种传递方式，保障测绘产品的及时供应；建立和完善多品种、系列化的航空图数据库体系，加速实现军队指挥自动化。

(林廷楷)

zhongli yichang

重力异常 (gravity anomaly) 某点实际重力值与正常重力值之差。主要反映地球形状和质量分布与正常椭球的差别。可分为纯重力异常和混合重力异常。纯重力异常，是同一点上地球重力值和正常重力值之差，也称扰动重力；混合重力异常，是地面点A的实测重力值与相应点N的正常重力值之差。相应点N，是沿A点正常重力线自正常椭球面向上量取高度为H_0(A点正常高)的点(见图)。重力异常主要用于求定地球扰动位、地球重力位以及高程异常、垂线偏差等，是研究地



重力异常示意图

球形状、地质构造及重力探矿的基本数据，为研究卫星轨道的摄动和修正远程导弹弹道提供重要数据。

（曾红国）

cili yichang

磁力异常 (magnetism anomaly) 某些地区的地磁要素与周围地区正常值存在显著差别的现象。主要是地壳内部在浅层的岩石或矿藏的磁性分布不均匀及较深层的电磁特性和地热分布不均匀引起的。前者影响范围很小，称为磁力异常点；后者波及范围较大，称为磁力异常区。异常磁场垂直强度与当地正常磁场垂直强度方向相同的称正异常；相反的称负异常。根据测量，在同一高度上靠近赤道处地磁场较弱，靠近磁极处较强。磁力异常，尺度最大的是南大西洋异常，从东经15°至西经120°，从赤道到南纬60°区域内都有明显的异常，其中心位于西经45°、南纬30°（巴西附近，又称巴西磁异常），磁场总强度低于2.5万伽马，约是同纬度正常磁场的一半左右；尺度较小、异常最大的是俄罗斯联邦的库尔斯克异常，地磁场垂直强度达10万伽马以上。

（曾红国）

dengcichaxian

等磁差线 (isogonic line) 磁差值相等各点连成的曲线。亦称磁偏角等值线。由地磁两极与地球两极不重合所导致。地球各处点的磁差不尽相同，有的地方磁子午线北端偏在真子午线(经线)北端的东边，称为东偏；有的地方磁子午线北端偏在真子午线北端的西边，称为西偏。东偏角值为正，在图上以“+”或“*E*”表示；西偏角值为负，在图上以“−”或“*W*”表示。等磁差线的值以角度表示，最小值为0°，最大值为180°。地磁要素随时间、地点的不同而有微小的变化。在使用时，应依据磁差年变率加以修正，即可求得该地区某年的磁差值。年变率符号为正时，表示磁差值的绝对值增加；年变率符号为负时，表示磁差值的绝对值减少。航空图和航海图上均绘有相应的磁差要素，可供领航时使用。

（姜春华）

zhen ziwuxian

真子午线 (true meridian) 通过地球南北两极的平面(子午面)与地球椭球面的交线。亦称子午线或经线。也指观测点的地平经圈中通过天球两极的半个大圆(天球子午线)。所有经线指向南北两极，子午线是真正的南北方向线——真子午线。在大比例尺军用地形图上，一般绘有3种起始方向线，即真子午线、磁子午线和坐标纵线。从起始方向线开始，顺时针量至某目标方向的夹角，称为方向角。如：过任意点*O*的真子午线与*O*点至某点*M*的方向线的夹角，叫*M*点的真方位角。真子午线可用于标定地图方位、指示各类目标和确定炮兵射击诸元。

（姜春华）

ci ziwuxian

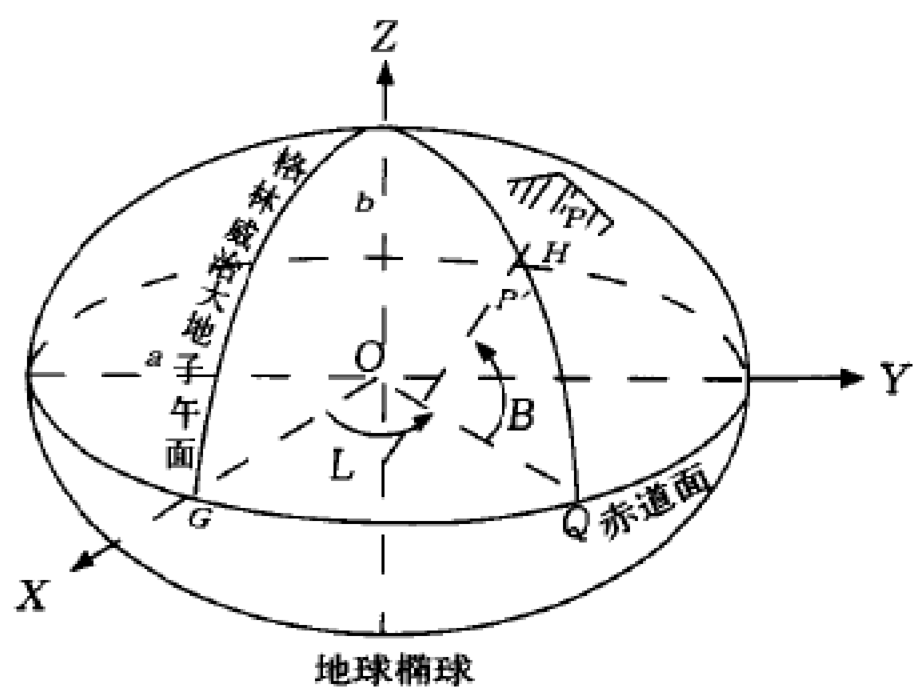
磁子午线 (magnetic meridian) 过地面某点及地球磁南、磁北极的平面与地球表面的交线。它与某点地磁场强度的水平分量方向一致，在实际应用中，习惯上是指磁针所指的南北方向线。地形图上的磁子午线由野外作业通过测量若干点的磁场方向和大小所取的平均值得出。在大比例尺军用地形图上，一般绘有3种起始方向线，即真子午线、磁子午线和坐标纵线，从起始方向线开始，顺时针量至某目标方向的夹角，称为方向角。如：过任意一点*O*的磁子午线与*O*至某点*M*的方向线的夹角，叫*M*点的磁方位角。磁方位角可供判定方位、标定地图、指示目标等使用。

（姜春华）

dadi zuobiaoxi

大地坐标系 (geodetic coordinate system) 以地球椭球面为基准面，用以表示地面或空间点位置的参考系。根据所选用的地球椭球参数以及椭球在地球体内定位的不同，分为参心大地坐标系和地心大地坐标系。

在大地坐标系中(见图)，任意一点*P*的位置是用大地经度*L*、大地纬度*B*和大地高*H*表示的。大地经度*L*是过点*P*的大地子午面(*P*′点的法线与椭球面短轴*OZ*构成的平面)与格林威治大地子午面之间的夹角。从格林威治大地子午面起，向东、西度量各由0°～180°计算，以东为正，称为东经，以西为负，称为西经。亦可向东由0°～360°计算。大地纬度



大地坐标系示意图

B，是*P*点沿地球椭球面的法线*P P*′(*P*′点在椭球面上，称为地面点*P*在椭球面上的投影点)与椭球赤道面的交角，由赤道面起，向南、北两极度量，各由0°～90°计算，向北为正，称为北纬，向南为负，称为南纬。大地高*H*是*P*点沿法线至椭球的距离*P P*′。若以地球椭球中心*O*为原点，椭球短轴为*Z*轴，格林威治大地子午面与赤道面的交线*OG*为*X*轴，*Y*轴在东经90°处，则*P*点在空间直角坐标系中坐标*X*、*Y*、*Z*与大地坐标*B*、*L*、*H*的关系为：

$$X=(N+H)\cos B\cos L$$

$$Y=(N+H)\cos B\sin L$$

$$Z=[(1-\alpha^2)N+H]\sin B$$

式中α为地球扁率，*N*为*P*点的卯酉圈曲率半径。

建立大地坐标系，应确定椭球参数的长半径*a*和扁率α；确定地球椭球中心在地球内的位置(定位)；确定坐标轴的

方向(定向)。①参心大地坐标系中使用参考椭球，它的定位和定向是依据地面参考点——大地原点来实现的。在一定范围内椭球面与大地水准面有最佳的密合，据此建立的大地坐标系，称为参心大地坐标系(亦称局部坐标系或相对坐标系)。参心大地坐标系用于大地测量、地形测量和工程测量计算。②地心大地坐标系中使用平均椭球，它的定位和定向是依据地球的质心来实现的，在全球范围内椭球与大地水准面有最佳的密合，据此建立的大地坐标系，称为地心大地坐标系(亦称全球坐标系或绝对坐标系)。地心大地坐标系用于研究地球形状、外部重力场，以及描述人造地球卫星和远程武器在空间的位置。同时为全球测量资料互相利用，并为地面测量与卫星测量提供依据。 (姜春华)

dixin zuobiaoxi

地心坐标系 (geocentric coordinate system) 以地球质心为原点的坐标系。亦称全球坐标系或绝对坐标系。地心坐标系使用的是平均椭球，其定位和定向是依据地球质心(地心)来实现的。要求在全球范围内椭球面与大地水准面有最佳的密合，椭球中心与地心一致。

地心坐标系分为以地球质心为原点建立的空间直角坐标系和以平均椭球中心与地球质心相重合建立的地心大地坐标系两种形式。①地心空间直角坐标系。原点与地球质心相重合，Z轴指向北天极并与地球平均自转轴重合，X轴过格林威治平均天文台的子午面，Y轴与X、Z轴成右手坐标系。地面点在这个坐标系中的坐标，以空间直角坐标系X、Y、Z表示。②地心大地坐标系。是平均椭球的曲面坐标系。平均椭球的中心与地球质心重合，椭球短轴与地心空间直角坐标系的Z轴重合，起始大地子午面和赤道面，分别与该坐标系的ZOX平面和XOY平面重合。地面点的坐标用点在椭球面上的大地经度L、大地纬度B和大地高H(点至椭球面的距离)表示。该点的地心大地坐标(L、B、H)和空间直角坐标(X、Y、Z)之间有着严密的数学关系，可以相互转换。

20世纪50年代之前，世界各国是选择参考椭球定位。这使椭球与大地水准面在一定(局部)范围内，有最佳的密合。以此为依据，按弧长测量法来建立各自的局部大地坐标系，有利于观测成果的归化和利用。此坐标系已能满足各国大地测量和制图工作的需要。但是，为了研究地球形状的整体及其外部重力，以及地球的动力现象，特别是50年代以来，人类成功地发射了人造地球卫星和远程导弹，为了确定它们在太空的位置和运动，并表示其地面相应的发射站、跟踪站的位置，都必须采用地心坐标系。

地心坐标系可用于研究大地几何形状及其外部重力，以及描述人造地球卫星和远程武器在空间的位置，同时为全球测量资料互相利用，并为地面测量资料与卫星测量资料的统一提供方便。

(姜春华)

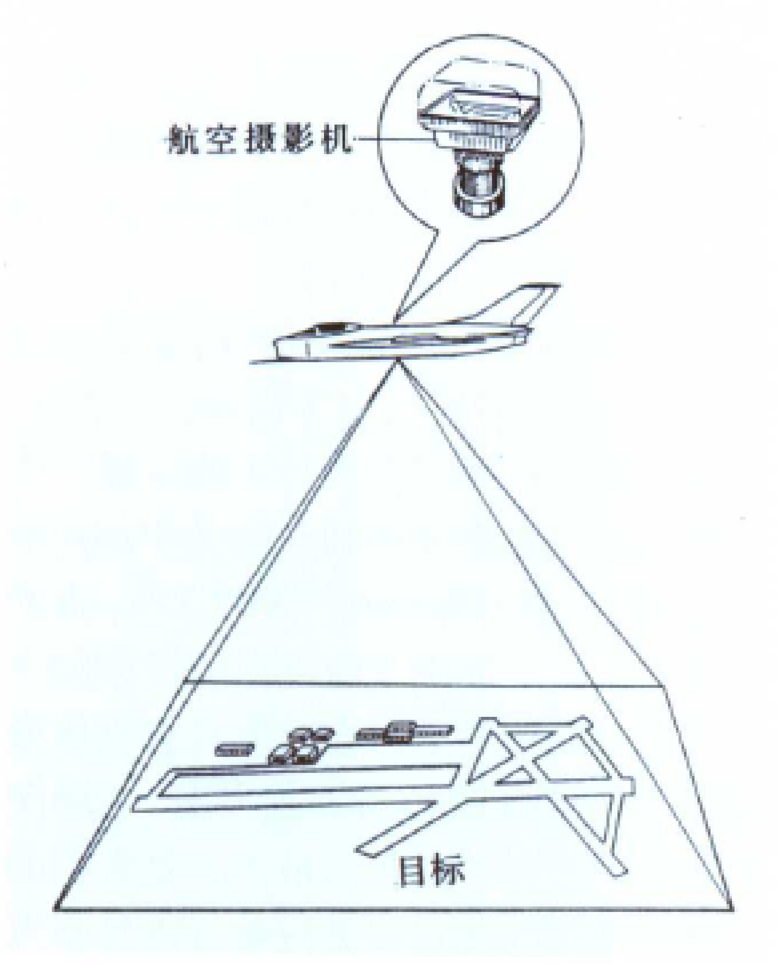
junshi hangkong sheying celiang

军事航空摄影测量 (military aerial photogrammetry) 利用航空相机和雷达成像仪从空中获取地表影像信息，测定目标形状、大小、空间位置、性质及其相互关系的测量技术。亦称空中摄影测量。简称航测。地形测绘的主要方法。特点是能比较详尽地反映测区的目标和地貌，将地形测量的大部分野外作业工作转到室内进行，克服了自然条件的阻碍。可为国防建设、军队的作战、训练和其他活动提供各种地形资料。

基本原理　军事航空摄影测量的基本任务是将航摄像片变换为地形图，进而确定地面目标的位置。这一问题可通过多种途径解决，如图解法、模拟法和解析法等。每种方法还可细分出若干种具体方法，具体方法中又有其特有的理论。但航空摄影基本概念和理论基础是带有共性的。如像片的内、外方位元素，共线条件方程，立体观测原理等。航空摄影测量的基本原理为中心投影和立体观察特性，其理论基础是像片解析，即摄影构像的数学模型。就是用数学分析的方法，研究被摄目标在航摄像片上的成像规律、像片上影像与所摄物体之间的数学关系，从而建立像点与地面点之间的坐标关系式，用解析或图解的方法进行答解，获取被摄目标的空间坐标或目标的几何图形。航空摄影时，由于航空器飞行姿态不同，每张像片与地面的几何关系都是不同的。



黑白航空像片



航空摄影示意图

对于单张像片而言，像点的空间位置和它相应的地面点的关系可用一些特定的参数建立起来，这些参数称为像片的方位元素，是摄影测量中重要的基本数据。其中，确定摄影物镜与像片相对位置的元素称为内方位元素，它们是航摄像片的主距f和像主点在框坐标系中的坐标x_0、y_0，恢复内方位元素的目的在于恢复摄影光束。确定摄影中心与地面相互关系的参数称为外方位元素，单张像片的外方位元素有6个，3个是直线元素，即摄影中心在地面辅助坐标系中的坐标值；另外3个是角元素，用以表述摄影光束的空间姿态。确定外方位元素的目的在于恢复航摄像片与地面的几何关系。这些元素恢复以后，就能够建立起物点、摄影站点和相应像点的坐标关系式：

$$x-x_0=-f\frac{a_1(X_A-X_S)+b_1(Y_A-Y_S)+c_1(Z_A-Z_S)}{a_3(X_A-X_S)+b_3(Y_A-Y_S)+c_3(Z_A-Z_S)}$$

$$y-y_0=-f\frac{a_2(X_A-X_S)+b_2(Y_A-Y_S)+c_2(Z_A-Z_S)}{a_3(X_A-X_S)+b_3(Y_A-Y_S)+c_3(Z_A-Z_S)}$$

上式为一般地区中心投影的构像方程，又称为共线方程式。式中(X_A、Y_A、Z_A)和(X_S、Y_S、Z_S)为地面目标A和摄影站S在地面辅助坐标系中的坐标；(x、y)为A的像点坐标；(x_0、y_0、$-f$)为像片的内方位元素(通常为已知值)；(a_i、b_i、c_i) (i=1、2、3)为方向余弦，是外方位角元素的函数。当已知地面点坐标X_A、Y_A、Z_A，欲确定其对应的像点坐标x、y时，还需要6个独立参数，即摄站坐标和3个角元素，共9个元素；反之若从像点坐标x、y，求解对应的地面点X_A、Y_A、Z_A则不行，必须增加已知条件(如地面高程Z_A)，才能确定地面位置X_A、Y_A的坐标。在平坦地区，Z_A为常数，所有的物点都在一个平面内，上述关系式可变换为具有8个独立参数的透视变换公式，这就是单张像片摄影测量的重要内容——像片纠正和正射投影技术的理论基础；地面起伏不平时，可按高程将地面分割成若干带或许多小块，知道了这些地面带或小块的高程，就能够确定地面点的平面坐标，这是像片分带纠正和微分纠正的理论基础。单张航摄像片只能确定目标的平面坐标，不能确定地面点的空间位置，为此必须利用在不同摄站摄取的具有一定重叠的两张像片(立体像对)，利用光学投影的方法实现摄影几何反转，构成可量测的、以一定比例尺缩小了的地面立体模型来确定目标的空间位置，这是立体摄影测量的基本原理。

基本方法 军事航空摄影测量按技术处理方法可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量。①模拟摄影测量。是利用光学和机械的方法模拟摄影成像过程，形成一个比实际缩小了的几何模型，在此模型上进行量测，可得到实际目标的数据。模拟摄影测量中，单像摄影测量可具体化为航测综合法，立体摄影测量可具体化为航测全能法和航测微分法，以适用于不同的地区。②解析摄影测量。是用像片坐标测量仪测得像点坐标，用计算的方法在计算机上答解共线条件方程，解算立体像对上像点坐标与相应模型点的三维坐标，完成点位、断面、地物与等高线等的测量任务，量测的结果储存在计算机中，再通过数控绘图仪绘图。解析测图仪由一台精密立体坐标测量仪、电子计算机、数控绘图桌、接口设备和伺服系统、软件系统以联机方式组成。③数字摄影测量。起源于摄影测量自动化的实践，是解析摄影测量的进一步发展。从摄影测量与遥感所获取的数据中采集数字或数字化的影像，在计算机中进行处理，研究目标的几何和物理特性，获取各种形式的数字产品和目视化产品。实时摄影测量是数字摄影测量的发展成果之一，是用数字摄影机直接对目标进行数字影像获取，然后直接送入计算机系统中，在实时软件的作用



彩色航空像片

下，立刻获得和提取所需要的信息，用来控制对目标的操作。

基本过程 军事航空摄影测量按作业顺序，可分为航空摄影、控制与调绘、像片测图3个基本过程。后两个过程是地面作业，包括内业和外业两个部分。①外业。主要有控制测量和像片调绘两项内容。控制测量是实地测量一定数量的控制点的坐标和高程，为内业加工提供起始数据，控制点的数量及在像片上的位置都必须符合内业工作的要求。采用GPS技术可以节省甚至免去外业控制点的测量。像片调绘是在利用目标影像的几何特征和物理特征确定所摄目标性质的基础上，调查出所摄目标与军事行动有关的数值特征，将其标绘在像片上。②内业。主要有控制加密和测图两项内容。控制加密是以已有的外业控制点为基础，进一步推求测图所需的控制点、检查点的坐标和高程，一般采用空中三角测量的方法。控制加密工作主要用电子计算机来完成，习惯上简称电算加密。测图，包括测制线划地形图、像片图、影像地图和数字地面模型等，根据测图地区的地形特点、成图比例尺的要求和资料来源的不同采用不同的测图方法。一般采用立体测图，绘制成航测原图。通常使用的计算机辅助测图是利用解析测图仪或模拟光机型测图仪与计算机相联的数控系统，是一种半自动化的方式，处于航测解析化向数字化的过渡阶段，测图的发展方向是数字化测图。

简史 航空摄影测量始于19世纪中叶，是在地面摄影测量的基础上发展起来的。1848年，法国摄影师G.F.图纳利恩(Gaspard Felix Tourachon)把一个系留气球升空，从空中拍摄了巴黎市区的像片，用于绘制地图。随后还出现了使用风筝进行航空摄影的实践。航空摄影真正成为地球科学重要的组成部分，是在可装载空中照相机且适宜航行的运载工具飞机出现之后。第一张航空像片是1909年由莱特兄弟驾机拍摄的。航空摄影在军事上的广泛应用始于第一次世界大战，法、英、意、德、俄等国利用航空像片分析敌情和地形、制作敌方阵地图、修测地形图，促进了军事航空摄影测量技术的发展。第一次世界大战后，用于航测的立体测图仪、纠正仪、多倍仪等相继研制成功，利用机械装置的自动和半自动作业方式逐步取代了人工图解作图方式。20世纪30年代，模拟航空摄影测量的理论、方法和仪器已基本完备，模拟空中三角测量的方法也得到广泛应用，传统的平板仪测量成图方法逐步由综合法、微分法和全能法等航测成图方式所取代，航空摄影测量在地形测量、地质勘探、地图绘制、土地规划等方面的应用都取得了进展。第二次世界大战期间，航空侦察情报和航测结果已成为可靠和有效的军事情报来源之一。第二次世界大战后，随着电子计算机的出现，以计算机为核心的解析空中三角测量得到了迅速的发展。解析测图仪的研制成功是航空摄影测量发展的一个里程碑，克服了模拟测图仪的一些限制，使摄影测量能够更为广泛地应用于对各类目标进行各种方式的摄影测量。70年代中期，解析测图仪进入实用，逐步取代了模拟空中三角测量。20世纪末，计算机技术、遥感技术的进步和全球卫星定位系统(GPS)在航空摄影测量中的应用，进一步促进了摄影测量的发展，军事航空摄影测量开始进入数字摄影测量的发展阶段。

中国的军事航空摄影测量始于20世纪30年代。1931年，成立了航摄队，测制了局部地区的军事要塞图和地形图。1950年，成立了中国共产党中央军事委员会作战部测绘局，随后相继组建了航测部队及相应的研究和保障机构，逐步采用了先进的航摄技术手段和现代化生产体系，为国家的经济、国防建设和军队的作战、训练提供了大量的测绘成果和资料。

展望 随着电子科学、地球科学、计算机技术和空间技术的发展，以及数字图像处理、模式识别、人工智能、专家系统和计算机视觉科学在摄影测量领域的广泛应用，军事航空摄影测量正向以影像的数字采集、计算机处理为标志的数字摄影测量方向发展。将由计算机视觉代替人眼的立体测量与识别，完成影像几何与物理信息的自动提取，其产品是数字形式的，传统产品只是该数字产品的模拟输出，从而实现真正意义上的摄影测量自动化。（纪卫东）

xiangpian kongzhi celiang

像片控制测量 (photo-control survey)
航空摄影测量中，根据室内作业的需要，在野外测定像片控制点的平面坐标和高程的活动。亦称像片联测。航空摄影测量野外作业项目之一。主要为航测内业控制加密和测图提供起算数据，是保证地形图数学精度的重要环节。

主要包括选点、技术设计、像片刺点和点位测量、资料整理等内容。①选点。即确定像片控制点在像片上的位置。像片控制点(又称野外控制点)分为平面控制点、高程控制点和平高控制点3种。点的位置和数量，取决于航测内业控制加密的方法和成图要求。布点方式有立体像对、航线和区域网3种布点方案，其中区域网法所需野外控制点最少，是常用的一种。点位的确定首先应着重满足布点方案对点位的要求以及刺点目标是否明显，其次要考虑作业中的控制联测方法和通视情况等。通常平面控制点应选在线状地物的交点和固定地物的拐角上；高程控制点应选在高程变化不大且无植被覆盖的地方，以线状地物的交叉点和平山头为宜；平高控制点则应两者兼顾。②技术设计。是将像片控制点、像主点、图廓点、大地点等标绘在旧地形图或像片图上，然后根据测区地形特征、已知点的位置和通视情况，进行图上设计，并对像片控制点统一编号，合理确定控制网的扩展和每个像片控制点的具体施测方案。③像片刺点和点位测量。像片刺点，是在地面上确定点位和竖立觇标的同时，仔细对照周围的地物地貌，在像片上准确刺点并作出标记，同时在像片背面进行文字说明、绘制略图。点位测量，是以大地点为基础，用经纬仪、电子速测仪和全球定位系统(GPS)接收机，采用测角交会、测距导线、三角高程和GPS点位测量等方法经过观测、计算等步骤，最后求得像片控制点的平面坐标和高程。像片刺点和点位测量一般同时进行。平面控制点的联测，可根据测区地形、地物覆盖的具体情况，选用经纬仪测角交会、线形三角锁、中点多边形、单三角形、电磁波测距导线、支导线或引点法测量。高程控制点联测可选用三角高程、独立交会高程、等外水准或测图水准测量。GPS测量可获得点位的三维坐标。④资料整理。包括控制像片的整饰和观测、计算手簿的整理。像片联测工作结束后，成果资料必须经过检查、整理，以保证控制像片上的点位符合要求，刺点准确无误，像片正、

反面整饰符合要求，观测手簿和计算手簿填写齐全，正确无误。

常规像片控制测量野外作业量大，周期长，经过长期探索采用一些方法可以缩短野外作业时间。例如，航空摄影前，在已知点设置标志，使之清晰可辨，减少刺点数量，缩短野外测量周期。在航天摄影测量中，根据轨道参数和星像片计算摄站坐标和像片姿态角，可以不需要野外控制点进行定位和测图。随着导航技术的发展，特别是全球定位系统的建立和高精度GPS定位方法的出现，可提供摄影机的空间位置参数，作为非摄影测量观测值与其他测量数据进行联合平差，只需在区域周边或四角布设控制点情况下，以空中控制代替地面控制，即可实现高精度空中三角测量，大大减少地面控制点的数目，减轻野外作业工作量，缩短成图周期，降低成本。

（王清禄）

xiangpian diaohui

像片调绘 (photo annotation) 为测绘军事地形图，对航摄像片进行野外调查、判读、综合取舍和绘注工作的总称。航测外业工作的组成部分，航空摄影测量成图过程中的重要工序，主要为航测内业提供调绘像片。

主要内容 有判读、调查、量测、综合取舍、绘注等。①判读。是根据像片的成像规律、影像特性及其有关知识去识别地面物体的性质、位置和范围。判读的内容主要是地物，包括测量控制点、独立地物、居民地、道路、水系和植被，以及不能用等高线表示的特征地貌和土质。使用的工具主要有立体镜和判读仪。②调查。是实地搜集像片上没有影像的制图要素。包括调查山名、江河名、居民地名等各种地理名称、各级政区界线的位置、补测航摄后的新增地物和像片上影像不清晰的地物以及可能没被发现的地形元素，同时应将所得结果准确记录在像片上或透明纸上。③量测。是实地量测航测内业无法量测或量测精度达不到要求的地物、地貌元素，主要指量测冲沟、陡坎等的比高，道路、沟渠、河流等的宽度，树林的树高等，并将量测的数据作相应记录。④综合取舍。是在判读的基础上，根据地形要素对军事行动影响的大小，顾及测图比例尺和测区特点，按测制地形图的需要，在保持地物原有的性质、结构、密度和分布状况等主要特征的情况下，针对某些地物具体情况，选择某些地物、地貌元素进行表示，而舍去另一些地物、地貌。⑤绘注。是把经过判读、调查、量测、综合取舍后确定的地物地貌和注记，用规定的图式符号和颜色描绘在像片上，片与片之间要接好边，达到内容完整，并使调绘像片的内容符合军用地形图的要求。在航测内业生产中，测图、投影转绘、清绘、成图质量检查以及加密选点等都要利用调绘像片，像片调绘的作业质量将影响成图精度，因此，必须做到准确、完整、统一、合理协调和明确清晰。

分类 根据作业特点，可分为野外调绘法和室内外综合判调法。①野外调绘法。是先在室内描绘调绘工作边，然后由作业员到野外，将现场的地物、地貌元素与航摄像片对照，进行判读、调查、量测、综合取舍和绘注，最后在室内用规定的颜色进行着墨整饰和接边。一般与像片控制测量工作同时实施。这种方法准确、可靠，但野外工作量大，成图周期长。中国第一代军用地形图主要采用这一方法。②室内外综合判调法。是采用室内判读和野外补调相结合的一种调绘方法。根据航摄像片上的信息，在室内用立体观察、影像识别、资料分析等手段判绘出相应的地形元素，对室内判绘过程中有疑问的或无法判绘的地形要素，到实地进行补绘，从而获得正确的调绘成果。这种方法可充分利用已有的各种资料和像片上的丰富信息，缩短野外工作量和成图周期，但只有像片的地面分辨率、判读仪器和参考资料满足一定条件，以及判绘者有较丰富的经验时，才能取得较好的室内判绘效果。

随着计算机技术和人工智能的发展、遥感技术的进步，以地物波谱特性为基础的统计模式识别已应用于专题地图制作中某些地物的自动分类，以及图像识别专家系统的建立和发展，图像模式识别将逐步取代目视判读，数控绘图将取代绘注工作，像片调绘将向自动判读方向发展。

（吴　林）

xiangpian zuobiao liangceyi

像片坐标量测仪 (photo comparator) 测定像片上像点坐标的仪器。主要用于空中三角测量。分为立体坐标量测仪和单像坐标量测仪两类。①立体坐标量测仪。是测量立体像对中同名像点的像平面坐标的仪器，通常由基座、滑床、像片盘、观测系统等部分组成。立体坐标量测仪按构造不同，大体分为两类：一类是量测出同名像点在左、右像片上的两组像平面坐标(x_1、y_1)、(x_2、y_2)；另一类是量测出左(右)像片上的像平面坐标(x、y)和左、右像片同名像点的左右视差p，上下视差q。②单像坐标量测仪。是量测单张像片上的像点坐标的仪器，由像片框架、分划尺、测标等组成。可量测单张像片的标志点或转刺点的像点坐标。有的像片坐标量测仪具有模数转换装置，可与计算机连接，自动记录和处理测量数据。

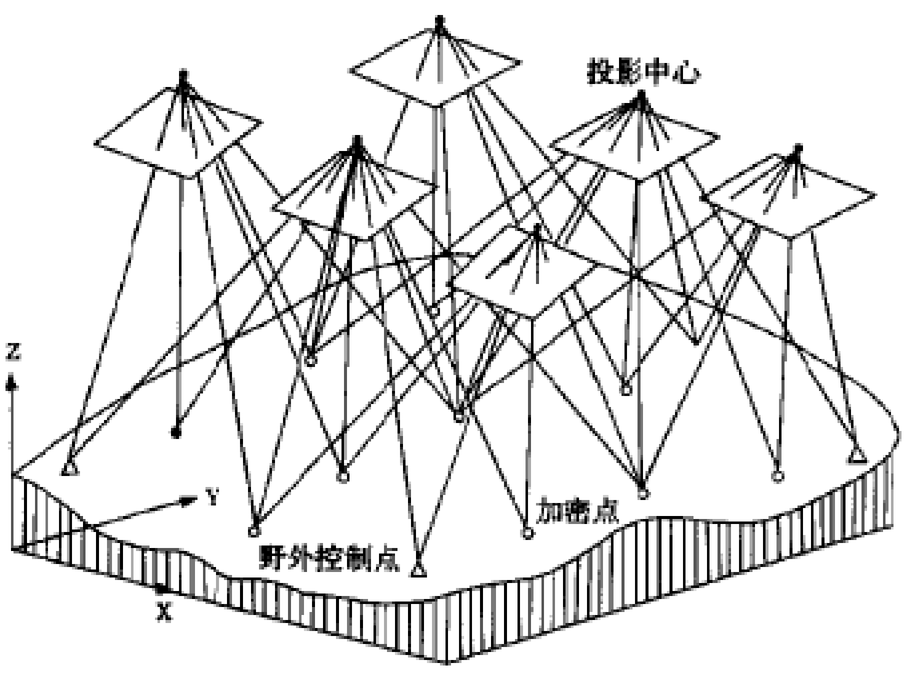
（吴　林）

kongzhong sanjiao celiang

空中三角测量 (aerotriangulation) 航空摄影测量中，根据航空像片与所摄地面之间存在的几何关系和少量野外控制点，在室内进行控制点加密，求得加密点的高程和平面位置的测量技术和方法。航空摄影测量内业的一项工序。可以节省大量外业控制点的测量工作，提高工作效率。基本过程是利用连续摄取的具有一定重叠的航摄像片，依据少量野外控制点，以摄影测量的方法建立同实地相应的航线模型或区域模型，经模型定向和模型量测，获取加密点的平面坐标和高程。其成果主要是为缺少野外控制点的地区测绘军用地形图提供控制点。包括模拟空中三角测量和解析空中三角测量。

模拟空中三角测量产生于20世纪30年代初期，是在全能型立体测量仪器上进行的空中三角测量。把一条航线的像片按顺序安置在模拟测图仪上，将立体像对逐个相对定向，建立单个立体模型，通过相邻模型重叠部分的连接点和公共的投影中心进行模型连接，构成航线模型，并与少量野外控制点相符合，完成绝对定向。模型中所有加密点，即可作为单个模型测图的控制点。模拟空中三角测量简单直观，但需要大量的野外控制点，因而测量进程缓慢。

解析空中三角测量根据像片上量测的像点坐标和少量地面控制点，用计算机解算待定的平面坐标和高程，减少了外业工作，缩短了成图周期。解析空中三角测量，是根据航空像片上的像点坐标



光束法区域网空中三角测量示意图

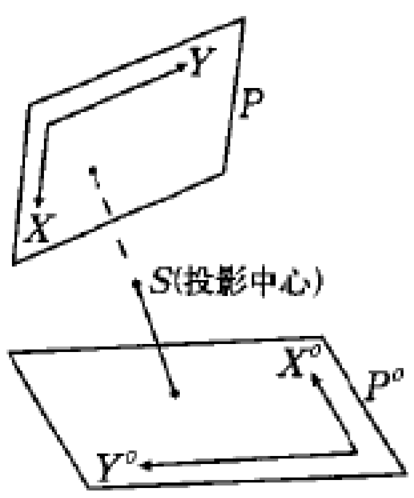
(或单元立体模型上的模型点坐标)同相应地面点坐标的解析关系，或每两条同名光线共面的解析关系，使用计算机构成摄影测量网和进行平差计算。常用的方法是区域网平差，即对多条航线连接成的区域进行控制点加密，并对加密点的平面坐标和高程进行整体平差。区域网平差可以减少野外控制点的要求，测量精度高、速度快，是测地定位的一种精密方法。区域网平差的基本方法有航线法、独立模型法和光束法。①航线法。又称航带法。是将各航线中的像片进行相对定向和模型连接，构成航线立体模型，并归化到一个共同的坐标系中，进行整体平差，获得全区域中各加密点的平面坐标和高程。②独立模型法。是由航线内各相邻像片独立地构成单元模型(或双模型或模型组)，并全部归化到地面坐标系统中，把每个加密点和野外控制点的模型坐标作为观测值，根据相邻独立模型的同名点的地面坐标相等、野外控制点的内业坐标同外业实测坐标相等条件，列出观测方程式，依最小二乘准则进行整体平差运算，确定各独立的单元模型的相似变换参数和各加密点的地面坐标。③光束法。是以单张像片为基本解算单元，借助于像片间的公共连接点和野外控制点，把各张像片的光束连接成一个区域，按最小二乘准则进行整体平差运算，求出每张像片摄影站点的3个坐标值和光束旋转矩阵中3个独立的定向参数，进而求出各加密控制点的地面坐标(见图)。上述3种方法中，光束法精度最高，航线法精度最低。20世纪60年代以来，解析空中三角测量得到迅速发展，逐步形成了一套比较完善的测算方法。数字摄影测量中的空中三角测量，其平差理论和算法与解析空中三角测量是一致的。利用影像匹配，替代人工转刺像片控制点，避免出现粗差，可进一步提高空中三角量测的效率和精度。此外，还有联机空中三角测量的方法，它是利用解析测图仪或立体坐标量测仪与计算机联机进行的空中三角测量。

随着计算机技术和计算数学的进一步发展，在摄影测量的平差程序中引入人工智能，将进一步提高空中三角测量的精度和速度。卫星导航技术在摄影测量中的应用，可将地面控制点减少到最低程度，直至实现无控制点测图。　　(王清禄)

xiangpian jiuzheng

像片纠正　(rectification of photograph)

将包含倾斜误差的航空像片变换为具有规定比例尺的水平像片的技术和方法。其原理是投影变换(见图)。可分为光学机械法、图解法、解析法和数字纠正法。光



像片纠正原理图

学机械法使用像片纠正仪进行纠正，是制作平坦地区像片图的主要方法；图解法主要利用投影转绘仪进行像片纠正，也可使用手工方法，主要用于将调绘像片上的地形元素向图纸上转绘；解析法是根据像片的内、外方位元素和纠正比例尺通过计算求出相关的数据，适用于少量重要目标点的纠正；数字纠正法是利用已知数字影像的外方位元素和相应摄影地区的数字高程模型(DTM)，根据相应的数学模型将数字影像纠正为正射投影的数字影像。地面起伏地区的像片纠正，通常采用正射投影技术，当地面起伏超限时，可采用分带纠正。航空侦察像片和边界航空像片通常采用大倾斜照相，当像片的倾斜角超限时，可采用多级纠正的方法。　　(吴　林)

zhengshe touying jishu

正射投影技术　(orthophoto technique)

将航摄像片及其他遥感图像变换为垂直投影像片或图像的技术。又称微分纠正或缝隙纠正。适合处理山地和丘陵地区的像片或图像。

基本原理　按照摄影过程的几何反转原理，根据地形起伏的高度变化，利用光电、机械或数学方法消除像片倾斜和地形起伏的影响，获得误差在允许范围的正射像片或图像。在实际作业中，微分纠正一般不是逐点投影晒像，而是将像片或图像分成一块块小面积作为纠正单元，在每个纠正单元中取相应的基准点，按基准点对纠正单元进行纠正。

作业过程　包括像元定位、像元投影、像元感光和摄影处理。首先恢复像片与地面的几何关系，确定正射像面纠正单元对应被纠正像片上相应影像的大小和方位，并进行像元的缩放与旋转；然后将投影的像元逐个投影在感光材料上感光，经过冲洗处理，得到正射像片或图像。正射像片或图像既保留丰富的影像信息，又获得地面景物垂直投影的平面位置，具有地形图的属性，可以直接在上面进行调绘和量算；若加绘等高线(等高线可以在断面扫描的微分纠正过程中同时获取)、加注地形符号和各种注记，便得出影像地图。

分类　①按晒像方式，分为光学微分纠正、电子微分纠正和数字微分纠正。光学微分纠正是通过光学系统实现的；电子微分纠正是利用计算机控制的阴极射线束、电子或激光射线束在感光材料上的移动扫描系统实现的；数字微分纠正是利用数字图像处理系统进行处理。②按投影方式，分为直接投影方式和间接投影方式。前者是利用投影器模拟摄影时像面与地面之间的透视关系来实现，又称中心投影方式；后者是通过控制光学系统或扫描系统来实现，也称函数投影方式。③按作业方式，分为联机作业方式和脱机作业方式。联机作业方式由立体测图仪直接控制正射投影装置扫描晒像；脱机作业方式是利用立体测图仪所取得的扫描断面高程数据，由计算机控制正射投影装置纠正晒像。　　(曾红国)

junshi hangkong yaogan celiang

军事航空遥感测量　(military aerial remote metering)　利用航空器上的遥感

传感器采集地物和目标辐射或反射的电磁波信息，测定目标物的性质、位置、大小形状、运动状态和相互关系的军事测量活动。具有探测地域广、捕捉战场运动目标、探测地表下和水下目标以及获得信息快等特点。

原理　军事航空遥感测量常用的波段是可见光、红外、微波等波段。遥感测量的物理基础，是地面各种物体和目标对不同波长电磁波的反射率和辐射率及反射和辐射能量大小随波长的分布特性。人的眼睛或普通摄像机只能感受到可见光谱段，但特殊的遥感仪器却能感受到紫外、红外或微波的信息强弱及其时间和空间差异。遥感测量的具体原理随遥感方式和应用领域的不同差别较大，其一般过程是，利用航空器上的遥感传感器，采集并记录地面目标辐射或反射的电磁波信息，通过校正、变换、分解组合等光学或数字图像处理手段，再现出这些物体或目标的影像，在地理信息系统和专家系统的支持下，制成专题影像图、地图或统计图表，进而测定出地物和目标的性质、形状、变化动态等。

用途　遥感测量的应用范围，涉及农林、水利、地理、地质、海洋以及军事等数十个领域。综合利用遥感测量获取的信息资源，能够为经济、国防建设和科学研究提供多方面的科学依据。在军事领域的主要应用：①军事测绘。航空摄影测量作为遥感测量的一部分早已用于测绘军事地图，具有范围广、速度快、精度高的特点。各种遥感手段在测绘领域的广泛应用，进一步拓展了探测的范围、丰富了地物的信息量，GPS用于测绘领域，提高了测绘的速度和精度。航空遥感的资料和数据经处理后，可制成各种军用地图、专题图和数据图表。②侦察。装载各种遥感器的侦察飞机可对地面、海洋进行连续的侦察监视。运用航空遥感测量技术，可探测和识别敌方各种军事目标并对其进行精确测量定位，是实施战略、战役和战术侦察的重要手段。③预警。遥感测量设备安装在预警飞机上可发现和跟踪敌方导弹、飞机等目标，用以警戒敌方导弹和飞机的入侵。④武器制导。遥感测量技术用于武器制导，可大幅度提高武器的命中精度。各类制导武器利用遥感器探测目标的反射和辐射特征，测量其位置或相对位置参数，引导武器对准目标，已广泛用于航空炸弹、炮弹、战术导弹的制导和战略导弹的末制导。

概况　军事航空遥感测量是在航空摄影测量的基础上发展起来的。第二次世界大战以后，随着电子科学和地球科学的发展，人类观测电磁频谱的能力不断增强，扩展到人的视觉范围和常规摄影灵敏度以外，非常规摄影技术(多光谱、红外、紫外等)和非摄影式遥感器(各谱段的扫描仪、雷达等)发展迅速，获得广泛应用，形成了重要的研究和应用领域。1962年，在美国密执安大学召开的“侧视雷达和红外扫描图像应用问题”国际讨论会上，首次正式使用“遥感”一词。从此，遥感就成为从地面到高空探测地球表面以及天体观测等一系列应用技术的专用术语，并为科学界普遍接受。在军事航空遥感测量的发展进程中，除可见光遥感外，发展较快的是微波遥感技术。70年代，高分辨率机载合成孔径雷达从军用扩展到民用后，微波遥感技术得到更快的发展。

中国从20世纪60年代中期开始发展遥感技术，先后研制出可见光、红外和微波等多种航空遥感器，并进行了遥感测量的研究和应用。至90年代中期，自行研制的机载合成孔径雷达航空遥感实时传输系统获得成功，并开始应用于军事和国民经济的诸多领域，取得了显著的效益。

遥感传感器技术的进步，地球科学、计算机科学的发展，使军事航空遥感测量的探测范围、测量精度、获取成果的速度和数量大大提高，正在向数字化、自动化和智能化方向发展。

（纪卫东）



卫星遥感图片：中国河北省滦县地区

yaogan tuxiang

遥感图像　(remote sensing picture)　通过安装在遥感平台上的遥感传感器对地球表面探测得到的图像和可转换为图像的数据资料的统称。遥感图像按平台高度，分为航空遥感图像和航天遥感图像两大类；按感测电磁波段不同，分为可见光图像、红外图像、多谱段图像、紫外图像、微波图像；按图像分辨率的高低，分为高分辨率图像、中等分辨率图像和低分辨率图像。根据投影性质，分为中心投影和多中心投影。遥感图像有黑白和彩色(真彩色和假彩色)两种，可以处理成像片或透明软片(正片和负片)，黑白航空像片是最早出现的一种遥感图像。遥感图像的影像信息特征综合反映出地物性质、数量和动态特征，在军事上有广泛用途，经加工处理、判读分析后的图像情报资料，已成为决策者判明敌情和制定对策的重要依据。

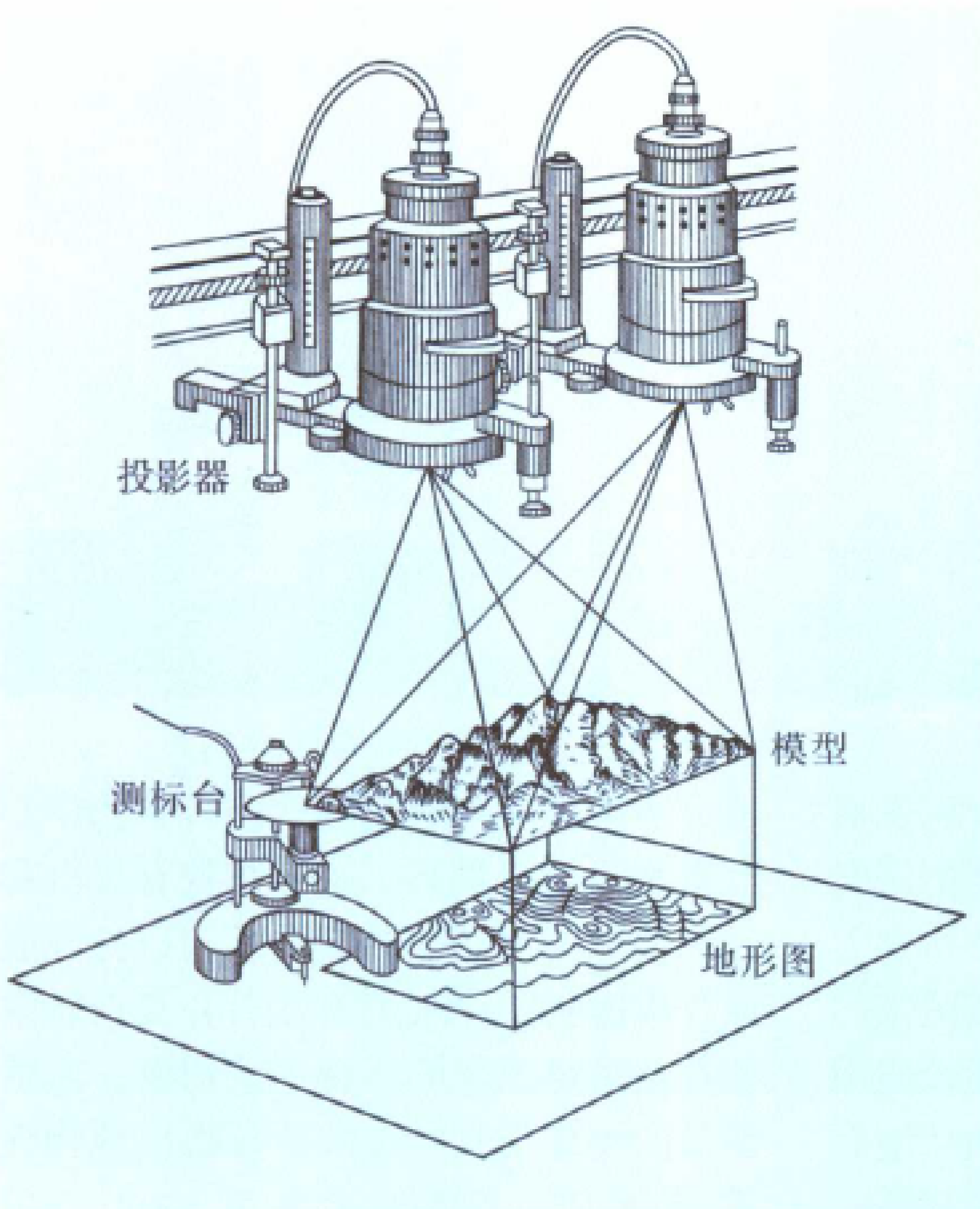
（郭书文）

liti cetu

立体测图　(stereoplotting)　使用特定的测图设备，对立体像对进行立体观测，测绘地形图的技术和方法。航空摄影测量内业作业项目之一。可减少航测外业的工作量，减轻人员的体力劳动，加快成图速度。

立体测图的基本原理是：依据像对的内方位元素，在立体测图仪的两投影器内分别放置立体像对的两张像片，使投影器的位置与姿态同摄影瞬时摄影镜箱的位置与姿态几何相似，并根据测图比例尺调整好两投影器之间的距离，通过聚光灯照明，两投影器就会发出对对相交的投影光束，从而构成一个与实地相似的立体模型。再用一个浮动测标进行模型的三维量测，以获取地面目标的空间坐标，绘出地形图(见图)。

常用的立体测图方法有模拟测图、解析测图和影像数字化测图。①模拟测图。是通过模拟测图仪，建立立体像对与摄影姿态相似的几何模型来测定地面点的平面位置和高程，其方法有全能法和微分法两种。全能法是根据摄影过程的几何反转原理，置立体像对于立体测图仪内，建立起所摄地面缩小的几何模型，对几何模型进行量测，便可得到所需的



立体测图原理示意图

图件；微分法是通过摄影测量的方法，按照平面位置和高程分求的原则进行测图的方法。②解析测图。是利用摄影机或其他传感器获取的图像，依据像点与相应地面点间的数学关系，用计算机解算像点的地面坐标并进行测图的技术，比模拟测图更灵活，并具有较高的精度，通常在解析测图仪上进行。③影像数字化测图。是利用计算机对数字影像或数字化影像进行处理，由计算机视觉(其核心是影像识别与影像匹配)代替人眼的立体量测与识别，完成影像几何与物理信息自动提取的一种测图方法。

模拟测图和解析测图作业的主要过程包括：①内定向。是在测图仪上导入像片作业主距并进行像片归心的过程。②相对定向。是确定立体像对相互位置关系的过程，即将像对安置在正确的位置以使它们之间的相对位置与摄影时相同，其任务是构造立体模型。相对定向的理论基础是使空间所有的同名光线对对相交，即在模型坐标系 Y 方向完全消除上下视差。根据相对定向方程，在模拟测图仪上进行相对定向，通常采用逐次趋近法。解析测图仪上的相对定向，是根据共面条件，计算出相对方位元素的改正数，将这些改正数安置在仪器的相应分划尺上以改变投影镜箱的位置。③绝对定向。是确定立体模型的比例尺和空间方位的过程。绝对定向的数学基础是三维线性相似变换，在模拟测图仪上，用图板上控制点之间的距离和模型上相应控制点之间距离在图板上的投影，确定缩放系数，计算出3个分量安置值，确定模型比例尺；将模型整置水平，并按图板进行定向，确定模型的空间方位。在解析测图仪上，根据测定到的3个以上的控制点的模型坐标和地面坐标，确定7个外方位元素，然后将模型点的摄影测量坐标转换为大地坐标。④测绘地物地貌。是用摄影测量方法绘制地形图的过程。在立体测图仪上，通过立体观测，用浮动测标立体切准选作测图目标的地物地貌的特征点，以坐标的形式记录下其几何位置，或者直接描绘出地物地貌线划图。

影像数字化测图作业的主要过程包括：①影像数字化。将航摄底片的影像数字化为数字影像。如果直接使用遥感所获取的数字影像，可省略这步。②数字影像定向。整幅数字影像的内定向、相对定向和绝对定向。③建立数字地面模型。在对影像进行增强和特征提取的基础上，建立带影像灰度值的数字地面模型。④生成数字等高线。根据地面上的DTM，采用一定的算法生成数字等高线。⑤生成正射数字影像和带等高线的正射影像。⑥地物调绘片的数字转绘。利用地物调绘片和DTM数据，在立体观测下，通过人机交互的方式把地物描绘在图像背景上，形成地物矢量数据文件。影像数字化测图具有速度快、精度高、操作方便等特点，是立体测图的主要发展方向。

（王定国）



解析测图仪　　刘社爱摄

hangkongtu

航空图　(aeronautical chart)　在普通地图上加绘航空资料而制成的地图。简称航图。军用地图的一种。主要供航空兵遂行作战、训练、指挥时用于空中领航和地面指挥引导。

最早的航空图是德国1909年出版的《1∶30万航空图》。20年代至40年代，中国用国民党政府陆地测量总局编制的《1∶100万舆地图》来代替航空图。中华人民共和国建立初期，中央军委测绘局编制出版了《1∶50万陆海空三军共用图》，供当时条件下作战、训练使用。50年代中至60年代初，国家测绘总局和总参测绘局先后编制出版了《1∶100万地形图》、《1∶200万地理图》为代用航空图。1965年成立了专门编制航空图的机构，陆续出版了普通航空图、专用航空图等图种，形成了中国航空图体系，成为军用地图中的一个独立图种。

航空图主要内容包括地理人文要素和航空要素两部分。地理人文要素表示的详细程度根据用途需要而定，着重表示与飞行有关的内容，如主要的水系及水利工程设施、较大的居民地、主要的道路及附属物、境界线、地貌、植被等。航空要素主要表示机场及障碍物、导航设施、靶场、特殊空域、地磁信息等。航空图按其用途，分为普通航空图和专用航空图两种。普通航空图是为满足航空兵目视领航需要而编制的，也可作为指挥引导用图。其主要特点是：着重表示一些大的、在空中易于识别的、有明显特征的地物；运用等高线法和晕渲法表示地面高低起伏的形状和分布；详细表示影响低空、超低空和进近着陆飞行的独立山峰、高大建筑物。要求图上表示的地物特征突出、位置准确、相对关系合理、地貌起伏形态相似逼真。比例尺为1∶50万、1∶100万、1∶200万，采用双标准纬线等角圆锥投影，分幅编号是在国际百万分一地图分幅编号的基础上进行的。专用航空图是为满足航空兵某些特殊需要而编制的。主要有仪表进近图、基地训练图、航线图、空中情况图、空中走廊图等。其特点是：着重表示某一区域对飞行、领航、指挥有关的要素，其图幅范围、表

示的内容、比例尺、地图投影和分幅编号，随特定要求而异。

随着计算机制图技术在航空图制作中的广泛应用，航空图正朝着数字化、多图种、系列化的方向发展。

（李 丽）

putong hangkongtu

普通航空图 (general aeronautical chart) 主要为航空兵领航需要而编制的地图。又称通用航空图。用于拟定飞行航线，组织对空防御和指挥空战，航空兵部队转场等使用，也可用于民航运输。比例尺主要为1∶50万、1∶100万、1∶200万。1∶50万航空图，主要供中、低空低速和超低空高速，以及近、中程飞行使用；1∶100万航空图，主要供中空、中速、中程飞行使用；1∶200万航空图，主要供高空、高速、远程飞行使用。

普通航空图内容主要有数学要素、地理人文要素、航空要素和图外要素。数学要素包括航空图投影及坐标网、航空图定向和比例尺；地理人文要素包括水系及水利工程设施、重要的居民地、主要的道路及桥梁、地貌、植被、境界线以及独立地物等；航空要素包括机场及障碍物、靶场、无线电导航设施、助航灯塔、特殊空域、地磁信息等；图外要素包括图名、图号、图例、分层设色高度表及最高高程、相对平地高度表、比例尺以及邻接图表等。

普通航空图投影一般为：80°以上高纬度地区采用极球面方位投影或横墨卡托投影，80°以下纬度地区采用双标准纬线等角圆锥投影。

分幅编号是在国际百万分之一地图分幅编号基础上进行。纬度48°以下为经差6°，纬差4°；纬度48°～88°之间，纬差不变，经差随纬度增高而逐渐加大，其增大值为3°的整倍数(见表)。南、北纬度88°以上各为一幅图。

1∶50万、1∶200万航空图的分幅编号是在1∶100万航空图的基础上进行。1∶50万航空图是在1∶100万航空图编号的基础上，再用A、B、C、D从上到下，从左到右排列，如：G−43−A；1∶200万航空图是以四幅1∶100万航空图编号的列数和行数组成，如：GH−43、44。普通航空图的图幅幅面为对开幅面。图廓形式有以经纬线为边线的矩型图廓和东、北两边要素直接到纸边的半矩形图廓两种。

普通航空图的表示方法有以下特点：①突出表示航空要素。②明显表示区域最高高程及可靠程度，用红色较大字级表示图幅内最高高程，并框以红线，内不套印地貌色层。用红色次大字级表示主要高程，概略高程在注记后加“±”以确保飞行安全。③采用等高线、地貌分层设色、晕渲、相对平地“四元法”表示地貌，主要突出山体走向和地势起伏。④按目标明显性以及行政意义划分居民地等级。⑤制图综合原则，是在保证面状、线状与点状地标相互关系正确的前提下，再力求位置准确，以利空中辨认地标。

（李 丽）

1∶100万普通航空图纬度48°～88°图幅的分幅编号

纬度区间	图幅范围		合并的图幅、行数及编号示例
	经差	纬差	
48°～60°	9°	4°	一幅半合并，行数跨两行　如：N − 49、50
60°～68°	12°	4°	二幅合并，行数有两行　如：Q − 45、46
68°～76°	15°	4°	二幅半合并，行数跨三行　如：S−43…45
76°～88°	24°	4°	四幅合并，行数有四行　如：V − 51…54

zhuanyong hangkongtu

专用航空图 (special purpose aeronautical chart) 主要为满足航空兵某些特殊需要而编制的航空图。包括除普通航空图外的所有航空图。其形式各异、种类繁多。有的突出表示普通航空图上的某些要素；有的着重表示某一区域与领航及作战有关的要素；有的详细完备地标绘普通航空图上所没有的要素等。地理要素表示的内容差异大，选择性强，有的图种表示得较详细；有的图种表示得简单扼要；有的图种不表示地理要素。地理要素的表示方法和普通航空图基本相同。航空要素有规定专一的符号和表示方法。制图范围、内容、比例尺和分幅编号根据特定的要求而确定。

分类　按表示内容不同，可分为详细表示普通航空图内容的专用航空图和着重表示航空要素的专用航空图。前者如航路图、基地训练图等。其表示的内容、方法与普通航空图类同；后者如仪表进近图、机场平面图、空中走廊图等。该类图突出表示与领航、作战、指挥有关的航空要素，符号与字体醒目，形式上层次分明。按用途不同，可分为用于区域目视领航的、仪表领航的、着陆和起飞的、指挥的4类专用航空图。

图幅形式　有单张图、多幅图、装订成册使用的图册，有大、中、小各种比例尺。分幅编号没有统一的规律。空中情况图采用地形图的分幅编号。进近资料各图均为矩形分幅的单幅图，采用特定的统一图幅编号，其图幅编号由区域代号、机场在区域内的顺序编号以及各图的顺序编号组成。其余图幅根据需要和使用方便确定图幅的分幅编号。

制作方法　主要以普通航空图、地形图、航空要素资料作为编图的基本资料，采用编绘法和数字制图方法生产专用航空图。编绘法生产专用航空图分为编辑设计、原图编绘、出版准备、制版印刷4个技术阶段。数字制图方法生产专用航空图分为编辑设计、数据获取、数据处理、数据输出4个技术阶段。随着计算机技术的发展，专用航空图生产将逐步采用数字制图技术。（谢殿武）

jichang pingmiantu

机场平面图 (airfield zone chart) 详细表示机场平面结构和保障设施的专用航空图。亦称机场图。供航空器起飞、着陆、停放和组织保障飞行活动使用。图幅由平面图和文字说明表格两部分组成。平面图表示的内容有机场位置点，海拔高程，跑道编号及其磁向，机场跑道长、宽、厚度数据和性质说明，跑道等级序号，迫降道及其长、宽数据，安全道及其长、宽数据，以及主滑行道、联络滑行道及其编号，停机坪、机库、灯光设备、磁差值及年变率等；文字说明表格标注主滑行道、联络滑行道、起飞最低标准、主要灯光设备和机场净空等参数或说明。该图采用统一图廓尺寸。比例尺为1∶2万～1∶4万。单色印刷。

（谢殿武）

kongzhong zoulangtu

空中走廊图 (air corridor chart) 供航空器进出空中走廊使用的专用航空图。分为高空飞行用图和中低空飞行用图。图内表示的内容有走廊的编号、范围、宽度，各类机型进出走廊口的高度规定，

航线、磁航线角、航线分段距离和最低安全高度，走廊区域内的机场、导航设施的类型、位置、频率及识别信号，禁区、限制区、危险区的范围及规定。图上航线分为带箭头和不带箭头两种，用于区分单向空中走廊和双向空中走廊，单向空中走廊只允许飞进或飞出，双向空中走廊则允许飞进和飞出。该图幅面一般为32开，采用两色印刷。

（谢殿武）

kongzhong qingkuangtu

空中情况图 (air situation chart) 供空军各级指挥所标记空中情况的专用航空图。亦称方格图。比例尺常为1∶20万和1∶50万，各采用高斯－克吕格投影与双标准纬线等角圆锥投影。图上地理要素表示扼要，主要表示区域界线、较大水系、交通线和主要标高等。在图上按经差1°、纬差30′划为一个大方格，每个大方格再分为九个中方格，每个中方格又分为九个小方格，即构成九九方格。图上所有方格的编号，均在使用时临时标出。该图采用黑、蓝两色印刷，便于清晰地标记空中情况。电子方格图的发展，将提高空中情况图的目标标记速度与精度。

（孟　猛）

yibiao jinjintu

仪表进近图 (instrument approach chart) 图解表示预定着陆跑道的仪表进近和相关等待程序的专用航空图。原称穿云图。比例尺为1∶50万。按机种，分为歼(强)击机、轰炸机、运输机仪表进近图。按无线电导航设备，分为精密仪表进近图和非精密仪表进近图。图幅由平面航线图、剖面图和表格组成。平面航线图内详细地表示机场跑道、进近航线及其相关数据、垂直障碍物、最低扇区高度、无线电设备等航空要素。扼要地表示居民地、河流和道路，较详细地表示等高线和主要高程；剖面图详细表示下滑航线及其参数，下滑航线经过位置点的高度，以及复飞程序；表格标注着陆最低标准和有关数据。该图采用双标准纬线等角圆锥投影。

（谢殿武）

chuanyuntu

穿云图 (let-down chart) 见仪表进近图。

wuxiandian linghangtu

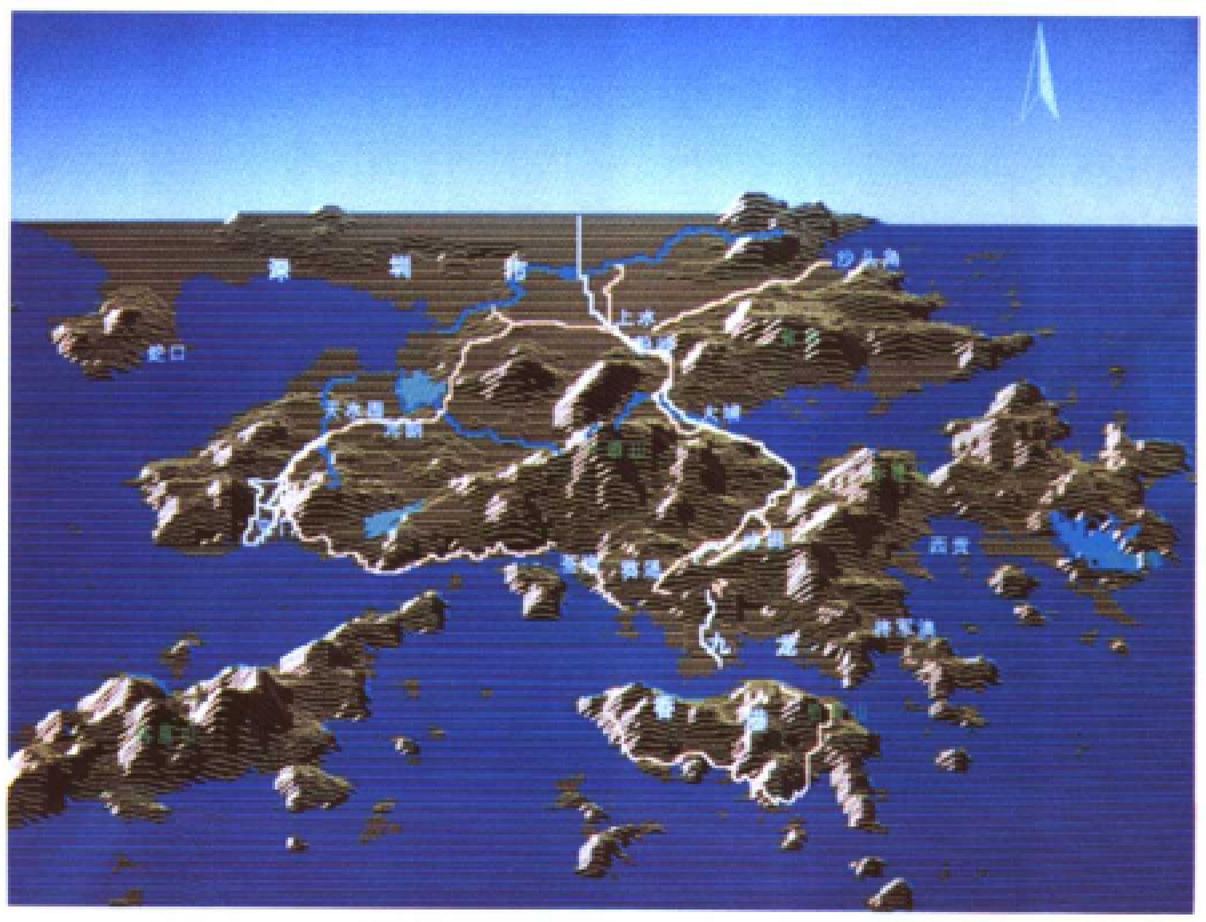
无线电领航图 (wireless navigation chart) 使用无线电导航设备进行领航，保障飞机沿规定航线飞行而制作的专用航空图。又称航线图。比例尺为1∶300万。该图采用双标准纬线等角圆锥投影。中华人民共和国已出版的有高空无线电领航图和中低空无线电领航图。分4个区域成图，分别是西北幅、东北幅、西南幅和东南幅。地理要素只表示较长的河流、开阔水域的岸线、国界、地区界等。详细表示航线数据，航路代号，管制区界线，机场及标高，导航设备及其名称、识别信号、频率(波道)、地理坐标，每经纬格安全高度，强制报告点和要求报告点，必要时标绘标准进场离场航线，等磁差线，禁区、危险区和限制区等。该图一般采用3色印刷。

（孟　猛）

shuzi hangkongtu

数字航空图 (digital aeronautical chart) 以数字形式存贮在磁带、磁盘、光盘等介质上的地图。亦称电子航空图。航空图的一个新品种。数字航空图便于贮存、传输和更新，图幅范围不受航空图分幅限制，可以灵活拼接、裁剪。经计算机可视化处理能生成电子航空图，通过电子出版系统可输出纸质航空图。主要用于作战指挥、飞行领航、训练模拟等方面。制作数字航空图的主要资料来源，是各种比例尺的地图和各种遥感传感器获得的图像或数据。数字航空图可用地图数字化方法，利用已有的地图经过采样和处理获得，也可用摄影测量方法，利用遥感图像和数据生成。随着计算机技术的发展，各种普通数字航空图和专用数字航空图产品可以构成多种航空图数据库，并将得到更加广泛的应用。

（刘改素　赵敬道）



计算机制图系统显示的图形

dianzi hangkongtu

电子航空图 (electronic aeronautical chart) 见数字航空图。

kongyutu

空域图 (airspace chart) 根据航空器实施飞行训练、作战和科学试验等需要，在航空图上划定有一个或数个具有一定区域的专用航空图。按用途，通常分为训练飞行空域图、作战飞行空域图和科学实验飞行空域图。训练飞行空域图主要有驾驶技术飞行空域图、射击飞行空域图、低空、超低空飞行空域图、海上飞行空域图、等待空域图等；作战飞行空域图主要有待战空域图、会合空域图、巡逻空域图等。空域图是在普通航空图或基地训练图上绘制的。依据用途，选择所需比例尺普通航空图或基地训练图作为底图，将空域范围线依地标转绘到底图上，并标注空域代号，必要时标注空域范围线折点经纬度。当一幅图内标绘不同性质的空域时，空域范围线或空域代号用不同的线划或不同的颜色标绘。

（李章社）

jidi xunliantu

基地训练图 (training base chart) 为航空兵部队实施本场训练而编制的专用航空图。主要供航空兵部队、飞行院校训练使用，也可用于固定区域防空。图幅一般以机场为中心，以机种最大活动半径或规定的飞行空域、对空防御区确定制图范围，多为全开单幅图，无统一编号。比例尺依据机种的性能和实际飞行需要来确定，通常为1∶50万、1∶100万。采用双标准纬线等角圆锥投影或等角方位投影，地理要素和航空要素表示的详细

程度和表示方法与同比例尺的普通航空图基本相同，以机场为中心半径50千米内的高程、垂直障碍物较普通航空图表示得详细。（李章社）

hanglutu

航路图 (route chart) 供航空器沿固定航路飞行使用的专用航空图。亦称航行图、航线图。一般用于训练飞行和任务飞行。多采用等角斜圆柱投影。图幅大小根据航路长短和比例尺大小而定，通常为单幅，当容纳不下时，可进行分幅，相邻图幅之间互有重叠部分，便于拼接使用。比例尺根据需要而定，供低空低速飞行采用1:50万、供中空中速飞行采用1:100万、供高空高速飞行采用1:200万。该图不以经纬线划分图廓，图幅的上方不一定是正北方向。表示内容和方法与同比例尺普通航空图基本相同，但以航线为中心线两侧各20千米宽的狭长地带的内容表示较为详尽。（李章社）

hangxingtu

航行图 (route chart) 见航路图。

hangxiantu

航线图 (route chart) 见航路图。

yingxiang hangtu

影像航图 (image aeronautical chart) 将航空或航天遥感图像纠正成正射投影像片并按照规定的表示方法加绘地理线划要素、航空要素、注记等内容而制成的专用航空图。具有地形信息丰富，地物平面精度高，形象直观，易于判读，成图速度快，现势性强等特点。在研究机场或攻击目标周围地形、判定目标点位等方面具有广泛的用途。影像航图装备在机载计算机上，使飞行人员更方便、迅速、准确地完成地形、目标的判别及飞行任务的实施。

1931年，德国拉克曼首先进行了制作正射像片试验；1933年，法国R.费伯第一次采用联结立体测图仪的微分纠正法；1943年，德国汉莎航测公司开始生产各种比例尺影像地图。1963年3月，美国首次制成分辨率小于3线对／毫米的卫星影像地图。此后，许多国家积极开展卫星影像地图的研究工作。中国影像地图的研究从70年代末、80年代初开始，发展迅速。至90年代初，不仅有黑白影像地图，还有彩色影像地图、立体影像地图、数字影像地图和全息影像地图。

分类 按版色，分为单色与彩色影像航图，彩色又分为假彩色及模拟真彩色影像航图；按分幅不同，分为单张、单幅(全幅)影像航图和标准分幅影像航图；按图像性质，分为多光谱扫描、反束光导管摄像、天空实验室和混合卫星影像航图等；按成图方法划分，有用常规方法和通过专用镶嵌设备制成或利用计算机进行数字镶嵌和制图处理而成的影像航图；按印制方法，可采用晒像复制影像航图和胶印影像航图等。

制作方法 影像航图通常采用双标准纬线等角圆锥投影，按普通航空图分幅编号，根据需要可采用自由分幅。比例尺为1:25万至1:100万。①以航空或航天像片为基底，进行像片纠正，制作整幅正射影像图。像片纠正有分带纠正和微分纠正两种方法，分带纠正是通过像片纠正得到相似于正射投影的分块像片而镶嵌成像片平面图；微分纠正是利用正射投影技术直接得出正射影像图。②根据测区地形要素的繁简和成图的技术要求，加绘障碍物、标高、居民地轮廓线、主要道路、水域轮廓线、等高线、境界、有关文字说明注记以及航空要素等，分别制成供影像航图制版印刷用的出版原图。③将正射影像版与加绘内容的各出版原图制作印刷版，根据需要印制相纸、聚酯胶片影像图或制作成显示介质。

随着航空、航天遥感和计算机技术的迅速发展，利用全数字化测图技术可直接处理卫星数字影像和航空、卫星像片，生成数字影像版和数字线划版，可即时输出影像航图。（孟 猛）

hangtu sheji

航图设计 (aeronautical chart design) 确定航空图的内容、规格与制作方法的技术。主要根据航空图的用途，确定航空图表示的内容和主题，兼顾用图环境与方式、制图资料、制图设备和技术条件诸因素，以实用性强、精度高、形式美、成本低为原则，规范指导航空图制作全过程的技术文件。

航图设计的主要内容包括：①进行航空图的总体设计。根据用途确定航空图的基本形式与规格，包括制图范围、名称、比例尺、图面规划等内容。②选择航空图投影。根据航空图的用途、制图区域的位置和形状、制图资料的情况等因素，确定投影并计算投影成果。③设计航空图符号。确定符号的形状、尺寸、颜色，以及注记的字体字级。④确定航空图的内容及表示方法。⑤确定各要素制图综合指标。包括选取指标、概括原则和程度，典型地貌特征的描绘和特殊符号的使用，及其各要素之间的关系处理原则等。⑥拟定航空图生产工艺方案。包括拟定原图编绘工艺方案、出版原图制作工艺方案、制印工艺方案。⑦样图试验。资料使用、内容选择、符号设计、综合指标、色彩设计、工艺方案等，能否得到预期效果，要选择多个试验方案进行样图试验，对不同方案的试验结果进行对比、分析、研究，确定出最佳方案。⑧形成编辑设计文件。这是航图设计的成果，也是航图生产的指导文件。编辑设计书一般包括总则、数学基础、制图区域概况、制图资料使用、制图工艺方案、各要素的制图综合、印刷工艺方案、附件等。

（李 丽）

hangtu bianhui

航图编绘 (aeronautical chart compilation) 航空图制作编绘原图和印刷原图的技术。包括原图编绘和印刷原图准备两个阶段。是航空图制图的组成部分。

原图编绘 以航空图编绘规范或设计书为指导，采用制图综合等方法，对制图资料进行编辑处理，制成多色航空图原稿，称为编绘原图。主要工作内容有：①制图资料的准备，包括投影成果的检算，彩色资料图的加工，供编绘用的底图蓝图的复制。②数学基础的展绘，按照计算好的地图投影成果，展绘图廓点和经纬线网交点。③航空图内容的转绘，将制图资料蓝图拼贴在展有经纬网线的裱糊图板上，得到编绘底图。④航空图内容的制图综合，按照制图综合指标，对航空图内容进行取舍和概括，正确反映不同地区制图物体的基本特征和分布规律，以及各要素间的相互关系。原图编绘的方法有蓝图编稿法和连编带刻(绘)法。蓝图编稿法是在晒有蓝色资料底图的裱糊图板上编绘所要表示的内容，多用于内容比较复杂的航空图，连编带刻(绘)法是

把编绘和刻绘或清绘结合起来，多用于内容简单的航空图。

印刷原图准备　是在编绘原图的基础上，制作出版原图、分色样图和试印样图，为航空图出版提供原始图形和参考图件。①制作出版原图，包括线划原图和晕渲原图。线划原图是根据编绘原图晒制的蓝图，采用清绘或刻绘的方法完成；晕渲原图是在编绘原图晒制的蓝图上，用浓淡不同的墨色调表示地面起伏形态，航空图采用单色斜照半晕渲。②制作分色样图，在由出版原图晒制的蓝图上，用不同的色彩分别标绘出绘在同一版上不同印刷颜色的要素，作为制版的依据。③制作试印样图，按航空图预定色标，用打样印刷形式制成的，用于鉴定出版原图是否符合航空图出版的要求，检查出版准备中的错漏，以及作为航空图送审的样张。

（李　丽）

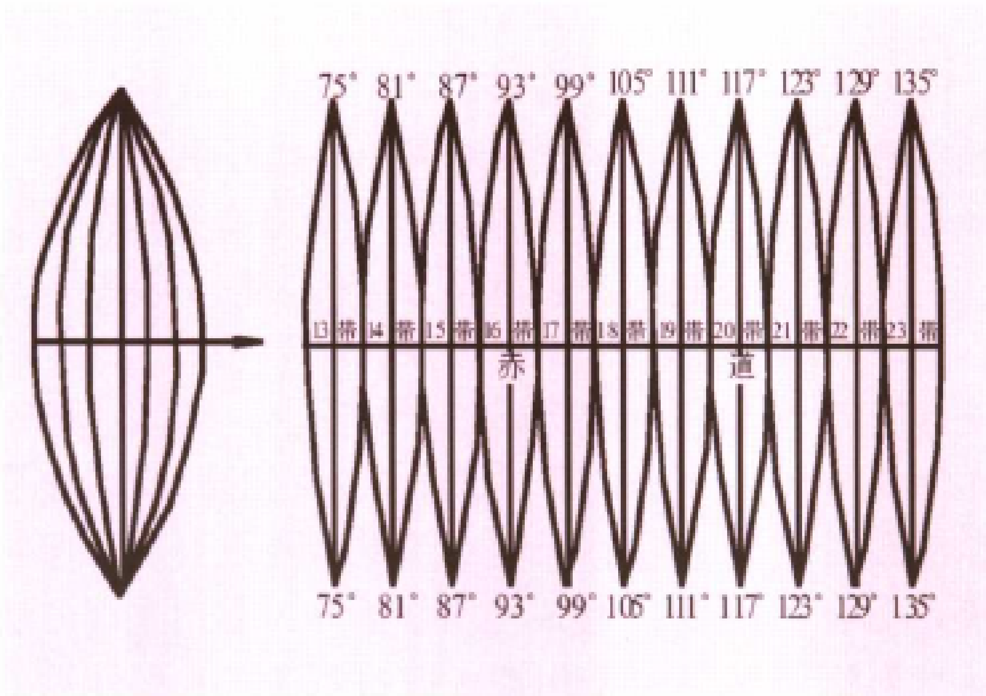
hangtu touying

航图投影　(aeronautical chart projection)　运用一定的数学法则，将地球椭球面上的经纬线网转化为平面上相应经纬线网的理论和方法。这种转化的实质在于建立地面点的地理坐标(φ、λ)与地图上相应点的平面直角坐标(x、y)之间一一对应的函数关系。如地球表面上有一点 $A(\varphi、\lambda)$，它在投影平面上对应点 A' (x、y)，则一般投影公式为：

$$x=f_1(\varphi、\lambda)$$
$$y=f_2(\varphi、\lambda)$$

式中 φ、λ 是地球椭球表面点的地理坐标，x、y 是平面上相应点的直角坐标，函数 f_1、f_2 在一定域内必须是单值、有限且连续的。

主要任务　研究投影变形的规律，确定变形的大小和特征，为不同用途的地图选择最佳的投影方案，以及进行投影变换等问题。①投影变形。把不可展的曲面上的经纬线网描绘成平面上的图形，必然产生各种变形，包括长度变形、面积变形和角度变形。一般情况下，3种变形会同时产生。如果按照航图用途所给定的限制条件，在实施投影时，可保持其中之一不变形。如限制条件为等角时，可保持投影面上任意两方向的夹角与椭球面上相应两方向间的夹角相等。投影面与地球椭球相切或相割之处为一条线、两条线或一个点，在这些线或点上无变形。



高斯投影带在平面上的图形

无变形的经线称为标准经线；无变形的纬线称为标准纬线。投影变形的大小是衡量地图投影好坏的重要标志。②投影选择。航图投影应满足飞行领航用图的要求，即航空图具有良好的精度。在图上量算航程要准确，图上的最大变形值不超过3‰；保持飞行航向正确。在图上量得的角度与实地相应角度相等；图上大圆航线与等角航线为直线或近似直线，便于标绘航线。可见，在选择航图投影时，应选择角度无变形或角度、长度变形都不大的投影。

常用投影　制作航空图所采用的投影有：双标准纬线等角圆锥投影、高斯－克吕格投影、极方位投影、墨卡托投影、横墨卡托投影、等角斜圆柱投影、极地球心方位投影、等距方位投影、改良多圆锥投影。其中常用的有：①双标准纬线等角圆锥投影。亦称兰勃特投影。18世纪由德国数学家J.H.兰勃特创立。此投影是设想用一个圆锥切于地球两纬线上，应用等角条件将地球面上经纬线网投影到圆锥面上，沿母线切开展平。纬线投影成同心圆；经线投影成同心圆半径，两经线夹角与相应经差成正比。无角度变形；两条标准纬线无变形，远离标准纬线，变形渐增。在南、北纬80°之间的区域内，1∶50万、1∶100万和1∶200万普通航空图统一采用该投影(1988年以前出版的1∶100万普通航空图曾采用改良多圆锥投影)。还可用于制作1∶50万、1∶100万基地训练图以及1∶200万航空形势图，适合于制作沿纬线延伸地区的中、小比例尺区域图。②高斯－克吕格投影。1822年由德国G.F.高斯首创，后经J.克吕格于1912年加以补充、完善而成。此投影是假想用一个椭圆柱横切于地球某一经线(称中央经线)。圆柱的中心轴位于赤道面上。然后按等角条件，将地球椭球面投影于椭圆柱面上。为控制投影变形，先按一定经差(6°或3°)，将地球表面划分为若干投影带，使椭圆柱面依次和每一带的中央经线相切，并把各带中央经线东西两侧一定经差范围内的经纬线投影到椭圆柱上，然后从两极将椭圆柱面切开展平。中央经线和赤道投影成正交直线，经线、纬线分别为以中央经线或以赤道为对称轴的曲线。角度保持不变形；中央经线无长度变形，其余各经线都有不同程度的变形，且距中央经线越远，变形越大；在6°分带边缘经线与赤道的交点处长度变形最大，其值为1.38‰。各带的投影具有一致性，只要求得一带的投影，其余各带均可应用。③极方位投影。亦称极球面投影或正轴等角方位投影。投影平面切于地球两极之一或割于某一指定的纬线，视点位于相对的极点上，用透视方法可得到经纬线图形。纬线投影成同心圆；经线投影成同心圆半径，两经线夹角与相应经差相等。角度无变形，在图上能保持微小图形的形状相似。当投影面切于极点时，投影中心点不变形，随着远离中心点，变形渐增。地球面上无论大圆或小圆，均投影成圆，可用于制作两极地区的地图以及极地航空图。④墨卡托投影。亦称正轴等角圆柱投影。1569年由G.墨卡托首创。此投影是设想一个与地轴方向一致的圆柱切于赤道或割于纬线上，将其上的经纬线按等角条件投影于圆柱面上，再将圆柱面剖开展平，即得平面的经纬线网。经线、纬线投影成各自平行且相互正交的直线；经差相等时，经线为等间距的平行线；纬差相等时，各纬线间的间隔不相等，随着远离赤道向两极渐增，两极处无穷大；无角度变形，但长度、面积有变形，变形大小与纬度有关。在标准纬线上没有变形，远离标准纬线，变形渐增。可用于制作赤道南、北纬度15°之间的航空图，制作航海图和画等角航线(等角航线为直线)的辅助图。

（姜春华）

Gaosi-Kelüge touying

高斯－克吕格投影　(Gauss-Krüger projection)　见航图投影。

Mokatuo touying

墨卡托投影 (Mercator projection) 见航图投影。

jifangwei touying

极方位投影 (polar azimuth projection) 见航图投影。

ditu touying bianxing

地图投影变形 (map projective distortion) 见航图投影。

jichang celiang

机场测量 (airfield survey) 运用测绘学专业理论和作业方法对机场范围内的地面、地下信息获取及处理的活动。

测量内容 机场测量，按机场工程建设阶段划分有选勘测量、定勘测量、详勘测量、施工测量、竣工测量和地籍测量等。①选勘测量。机场选勘测量是为确定定勘场址(或预选可行性研究报告)提供1:10万或1:100万的机场关系位置图、1:5 000或1:1万的各预选场址总体布局图、1:5万的各预选场址净空平面图和剖面图(为水平比例)，以及主要工程量估算表等。②定勘测量。机场定勘测量是为机场定点和编制设计文件(或可行性研究报告)提供1:10万或1:100万的机场关系位置图、1:5万的机场净空图、1:5 000或1:1万的机场总体布局图、1:2.5万或1:5万的机场交通及管线规划图、1:2 000的各防护工程轴线平面规划图、拆迁项目方案图和建筑材料分布示意图，以及测量计算成果和机场造价估算表等。③详勘测量。机场详勘测量是为机场初步设计和施工图设计提供1:1 000或1:2 000的机场飞行地带方格网地形图、1:200或1:2 000的机场区域内各种线路的中线与带状地形图与纵横断面图、1:200或1:2 000的机场防护工程大比例尺地形图、1:500或1:2 000的机场各营(库)区大比例尺地形图、1:200的机场导航台站布置图，机场跑道方位与经度、纬度的测定，以及测试、试验成果资料等。④施工测量。机场施工测量是对详勘测量成果的复测。主要是施工控制网的测量、机场各种设施轴线放样测量和飞行场区跑道分仓测量等。⑤竣工测量。是对机场内、外场区内的各种设施的地上、地下的平面位置及高程测量和图纸绘制。⑥地籍测量。是对机场内、外场区界址点、场界线、面积及场内设施的平面测量等。

测量技术 机场测量涉及多方面技术，主要有：①摄影测量与遥感。通过飞机和测地卫星作为平台获取地面信息，运用摄影测量设备绘制各种比例尺地形图及相关资料，是数字地图信息获取的主要手段和方法。②大地测量。由卫星大地测量和普通大地测量对地球表面进行离散点的观测，用来研究地球形状和等级控制。③工程测量。在大地测量的基础上，对具体的工程进行较详细的测量，直接服务于工程。④精密工程测量。对一些特殊工程设备安装提供精确图纸资料而进行的测量。⑤海洋测量。对濒海机场附近海底地形、海底资源、航海海图等进行的测量。

测量方法 通常采用大地测量法或GPS卫星定位系统，以确定机场区域内任何地点经度、纬度及方位角，建立全局控制网络系统。主要目的是确定跑道中线中点的大地坐标及至轴线端点方位。还可运用全站仪，在全野外采集地物、地貌特征点三维坐标数据的基础上，运用计算机技术，经编辑形成绘图文件，绘制成方格网地形图和各种比例尺地形图。

展望 进入21世纪后，3S高新技术(即GPS卫星定位系统、RS航空航天遥感系统、GIS地理信息管理系统)和计算机技术在测绘领域将得到更广泛的发展和应用。数字信息系统将会逐步代替以图解方式为主的传统地形测量，以数字形式表达测量全部内容，最终实现机场测量作业和制图全自动化。

(龚德居)



机场测量

kongjun bachang celiang

空军靶场测量 (air force range survey) 运用测量学专业理论及作业方法对空军靶场范围内的地面、地下信息获取及处理的活动。空军靶场种类较多，按使用性质分有飞机轰炸、射击靶场和地面武器(高射炮、地空导弹)射击靶场。空军各类靶场测量的重点是地形图测量和靶标位置测量。

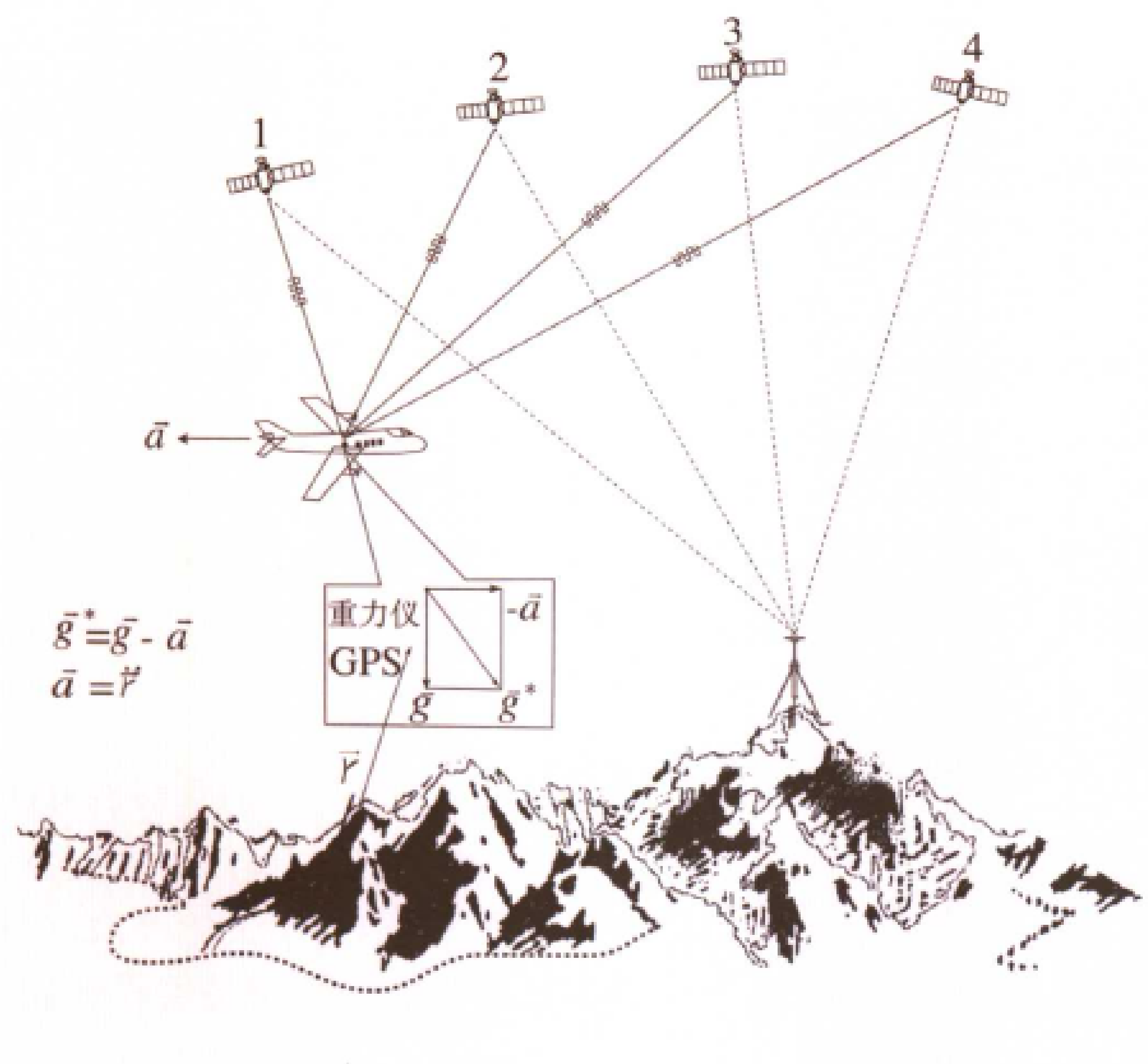
按照靶场工程建设阶段划分有勘测测量、施工测量、竣工与地籍测量。①勘测测量。为拟建靶场提供大比例尺地形图、净空图资料，保障靶场工程选址、设计技术需要。可利用靶场区域已有1:10 000或更大比例尺地形图修测，或进行航空摄影测量或野外地形图测绘。按照靶场区内总体布局方案，绘制出1:200和1:500大比例尺地形图，为设计、施工提供图纸资料。②施工测量。根据工程设计和施工要求，将建筑物的位置，形状，大小及高程在实地上标定出来。③竣工测量。靶场工程竣工后，根据设计图纸编制总竣工图。编绘内容主要有总平面图、交通运输竣工图、输电及通信线路竣工图、综合竣工图等。④地籍测量。对靶场界址点坐标、界线、面积及靶场内设施的测定。成果资料作为原始档案保存，并结合竣工图编制土地权属界线图，由当地土地管理部门认定盖章后埋设地界界桩。

(龚德居)

hangkong zhongli celiang

航空重力测量 (airborne gravity survey) 利用机载重力、定位传感器组合系统进行空中重力测量的技术。是陆地和海洋重力测量的拓展和补充，也是重力测量的发展方向之一。具有测量速度快、覆盖范围大等优点。可用于大范围重力普查，无人区重力测量、远程武器发射首区快速重力测量。航空重力测量分为航空标量重力测量、航空矢量重力测量和航空梯度重力测量3种类型。其观测信息依次为重力的大小、重力加速度矢量和重力梯度张量。

航空重力测量的基本原理：机载重力仪(重力传感器)测量出航迹上采样点处



航空重力测量示意图

重力仪读数相对于地面基准重力点读数的差值，推算出机载重力仪的加速度值 $\vec{g}^*$；机载GPS接收机(定位传感器)与地面固定站GPS接收机同步接受GPS信号，差分处理后求得飞行的位置矢量 $\vec{r}$ ，从而可计算出飞行的速度矢量 $\vec{v}$ 和加速度 $\vec{a}$ 。由于机载重力仪的加速度值 $\vec{g}^*$ 是重力加速度 $\vec{g}$ 与重力仪所受惯性加速度 $-\vec{a}$ 的矢量和，因此航空重力测量的观测方程为：

$$\vec{g}(t)=\vec{a}(t)+\vec{g}^*(t+\tau)$$

式中 t 为观测时刻；τ 为重力仪电子读数系统的时间响应延迟。航空标量重力测量仪观测垂直方向的加速度，观测方程可简化为：

$$g(t)=g^*(t+\tau)+\delta g_E(t)+\delta a_H(t)+\delta a_V(t)$$

式中 δg_E 为厄特维斯改正，因飞机相对于地球运动，改变了作用在重力仪上的惯性离心力而对重力观测值产生的影响；δa_H 为水平加速度倾斜改正；δa_V 为垂直加速度改正，因大气湍流和发动机震动等因素，使得飞机作变速运动，从而产生了在水平方向上和垂直方向上的加速度对重力观测的影响。将重力仪安装在陀螺平台上，可以减小这一影响。航空重力测量属相对重力测量。在飞机起飞前，要与地面基准重力点进行联测。航空重力测量的测线一般布成网状。飞机沿测线按设计航高作匀速运动。航空重力测量值 g 经向下延拓可得到地面重力异常。

航空重力测量首次实验是美国于1958年完成的。长期以来，由于无法精确测定飞机垂直加速度，造成有关研究处于停滞状态。直到20世纪80年代末GPS的出现，尤其是厘米级动态差分GPS技术的成熟，促使这项技术迅速走向实用化。截至20世纪末，已在格陵兰岛、南极洲、瑞士、德国等国家和地区进行了测量，测量精度为 $\pm 3\sim7\times10^{-5}ms^{-2}$。航空重力测量的发展方向是航空矢量重力测量和航空梯度重力测量，利用它们可探测更高精度、更高分辨率的地球重力场。

（张传定）

hangkongtu shujuku

航空图数据库 (aeronautical chart database)　存储在计算机中的航空图诸要素数字信息的集合。地图数据库的一种。可用于航空图生产、更新以及编制专用航空图；作为电子航空图的数据源，可为空军指挥自动化系统、高新技术武器系统、作战训练模拟系统、航空兵地面引导和空中领航系统等提供空间数据支持。是数字航空图生产和应用的基础。特点是：数据模型复杂，数据库中的各种数据均按照特定的数据结构组织存储，便于对数据进行检索、分析和应用；具有完善的数据、图形操纵功能和多种数据更新手段，保证数据的可视化和现势性；具有保护机制和故障恢复能力，保证数据的安全性和完整性；航空图数据独立于应用程序，可多用户共享且数据冗余少；航空图各要素能够无缝拼接，保证数据的连续统一。

分类　航空图数据库按数据类型分为矢量型和栅格型数据库，按数据模型分为层次型、网状型、关系型、面向对象型数据库，按地图覆盖范围分为全球、国家、区域数据库等。硬件系统包括计算机、扫描仪、手扶跟踪数字化仪、图形显示器、绘图机、光盘机、磁带机以及网络设备等。软件系统包括系统软件和应用软件。系统软件有操作系统、数据库管理系统、网络软件、驱动软件等；应用软件有数据获取、数据定义、数据检索、数据处理、图形操纵、拓扑重组、维护管理、图形输出等功能模块。航空图数据库数据包括说明数据内容、质量、状况和其他特征的元数据，描述地理要素和航空要素的空间数据、属性数据和地名数据。空间数据描述航空图要素的空间分布特征，包括位置、形状及空间关系，为点、线、面3种图形数据和反映它们之间关系的拓扑信息数据；属性数据描述航空图要素的质量、数量等特征；地名数据描述航空图要素的名称及有关信息。

建库过程　①需求分析。了解用途和要求，确定建库范围、规模等。②资料收集和评价。确定基本资料和补充参考资料，估算数据量。③模型设计。确定航空图数据库的数据模型。④环境准备。根据确定的建库规模、估算的数据量以及设计的数据库模型，配置必需的硬件设备和系统支持软件。⑤标准制定。编写航空图要素属性编码和数据采集标准。⑥功能设计及实现。设计数据库各功能模块并完成软件的编写。⑦数据获取。通过摄影测量数字化、地图数字化或从其他数据库中检索等方法获取航空图数字信息文件。⑧数据质量控制。经过数据质量控制，形成符合要求的数据文件。⑨数据装载入库。将符合要求的数据文件装入数据库。⑩调试运行。运行数据库的应用程序，执行各功能模块的操作，对系统的功能和性能进行全面测试。经调试运行，系统功能完善、运行稳定后，航空图数据库即可投入实际运行。

20世纪70年代以来，地图数据库经历了文件系统和数据库系统两个不同的发展阶段。发达国家80年代中期已建成一批有代表性的地图数据库。中国人民解放军空军80年代末开始研究航空图数据库，90年代末建成网络环境下的1∶100万航空图矢量数据库。随着计算机技术的发展，航空图数据库将向多品种、系列化发展，形成普通航空图、专用航空图的矢量型和栅格型航空图数据库体系，以满足空军在未来高技术战争中对

航空图保障的要求。

（刘改素　赵敬道）

kongjun ditu gongying

空军地图供应 (air force map supply)

对空军遂行作战、训练和其他任务需要的地图进行调拨、分配、发放和前送工作。是空军测绘保障的组成部分。供应的种类主要有航空图、地形图、海图、专题地图和其他测绘成果等。

中国人民解放军空军地图供应工作按照有关规定，坚持平战结合、按级负责、保障必需的原则，实行统一计划、归口管理、分区供应，以军区空军独立自主地组织保障为主，空军、大军区给予支援。

空军地图供应包括战时地图供应和平时地图供应。战时地图供应，以及时准确，不误战机为基本原则，以《空军部队战时地图供应标准》为依据，结合部队担负作战任务情况，按照先主要战役方向，后次要战役方向；先战斗部队、指挥机构，后其他部队；先机动作战部队，后要地防空部队；先任务明确的部队，后任务不明确的部队。平时地图供应，本着保障必需、节约保密、用旧储新、新旧搭配的原则，根据平时地图供应标准实施供应。

（李建初）

kongjun ditu chubei

空军地图储备 (air force map storage)

空军根据作战、训练等需要在图库中储存备用的各种地图。是地图供应的基础。地图储备的主要种类有：航空图、地形图、海图、专题地图等。空军地图储备种类、范围和数量以空军地图供应管理规定、空军部队战备航图平时储备标准为依据。在空军司令部统一计划下，实行空军、军区空军、部队三级储备，以军区空军储备为主的原则。军区空军根据本区的作战预案，结合具体实际，制定周密的储备计划，搞好战时各种地图储备。军区空军地图储备一般以储备库为主，地图供应点、部队储图库为辅，各单位储备图种、数量、范围由军区空军确定并统一掌握。随着数字地图制图技术的发展，各类地图数据库的建立和完善，以及数字地图的广泛应用，数字地图储备将成为空军地图储备的重要内容之一。

（李建初）

kongjun ditu liangsuan

空军地图量算 (air force chartometry)

空军为获取地面上各种要素数据，在地图上进行的量测和计算。广泛应用于空军作战训练中。其内容有点、线、面要素的方位、距离、高程、坡度、地理坐标和直角坐标、面积量算等。常用的主要有：①距离量算。对道路、河流等线状要素的长度或两点间距离的量算。常用工具有直尺、日内瓦尺、两角规、杠规和曲线仪等，空军主要使用航行向量尺。实地距离与地图的图上距离的换算公式为：实地距离＝图上距离÷地图比例尺。②方位角量算。量取从真北方向线按顺时针方向旋转到某方向线之间的夹角，为真方位角，简称方位角。方位角的表示范围从0°～360°。从磁北方向线起算的为磁方位角，从地图坐标纵线起算的为坐标方位角。真方位角和磁方位角的换算公式为：磁方位角＝真方位角－磁偏角(即磁差)。③坐标量算。根据地图上的经纬线网或方里网量测地面某点的地理坐标或直角坐标值。④坡度量算。通常用地图下方的坡度尺进行比量，用角度或斜坡起止点间的高差与水平距离之比值表示。⑤高程量算。根据等高线高程值用解析法或图解法推算地面点的高程值。

影响地图量算精度的主要因素有测量精度、制图精度、地图投影变形、纸张变形、地图比例尺、量算工具和方法等。地图本身的精度是决定地图量算可靠性的先决条件。航空图和大中比例尺地形图由专业测绘部门制作出版，地图投影变形小，几何精度高，能够满足空军地图量算精度的需要。

（李建初）

kongjun ditu biaoding

空军地图标定 (air force map orientation)　空军为使地图方位与现地方位取得一致而采取的技术和方法。常用指北针、飞行方向、地形地物和天文现象等进行地图标定。

用指北针进行地图标定。首先使指北针指标归零，“北”字朝向地图上方，然后依据地图上的磁北方向线、真子午线或坐标纵线等进行地图标定。依磁北方向线进行地图标定时，使指北针直尺边与磁北方向线密合，转动地图至磁针北端对准“北”字，地图即已标定。依真子午线或坐标纵线进行地图标定时，将指北针直尺边与地图内任意经线(即真子午线)或坐标纵线密合，而后转动地图，使磁针北端对准指北针的“北”字，并按偏角图的磁偏角值或坐标偏角值进行修正后，地图即已标定。

在飞行中常用飞行方向进行地图标定。从磁罗盘读出磁航向，换算成真航向，在地图上测出该航向并使其对正飞机正前方，地图上的方向就同实地的方向取得了一致。航线角同航向往往很接近，沿航线飞行时，可以直接用地图上航线的方向对正飞机前方，地图同实地的方向就取得了一致。

用地形地物进行地图标定。在目视领航和其他军事活动中，利用明显的河流、海岸线、道路、居民地、独立地物、山脉走向等地形地貌特征及各要素的相互位置关系进行地图标定。如在空中利用河流进行地图标定时，先观察河流特征，确定河流流向，并在地图上找出相应特征的河流，平放并转动地图，使地图上的河流特征和流向与实地取得一致，地图即已标定。利用河流、铁路、公路等直长地物进行地图标定时，先在图上找到这段地物符号，将地图平放并转动，使地图与直长地物方向一致，地图即已标定。

利用天文现象进行地图标定。夜晚利用北极星进行地图标定时，先找到北极星，使地图上方朝北，并沿地图东(或西)图廓线向北极星瞄准，地图即已标定。日出后太阳的方位角平均每小时约改变15°，当地的地方时乘以15°就得到了太阳的方位角，在地图上标出当时太阳的方位线，并转动地图，将此方位线对正太阳，地图即已标定。

（李建初）

hangkongtu gengxin

航空图更新 (aeronautical chart revision)

修正航空图的内容，使之与实地现势相符的技术活动。其目的是针对已经出版的航空图，为解决由于地理环境的变化而产生的航空图内容与实地不符的矛盾，采用适当技术方法，用最新、最可靠的资料修正、补充航空图内容，使其符合实地现状，满足航空图用途需要，提高其使用价值。

航空图更新一般采用编绘法。根据航空图内容的变化情况，可分别采用

编绘、局部编绘和修编法。当实地各要素变化大，图幅的主要内容或大部分内容已不能满足用途需要时，一般采用重新编绘的更新方法；当局部地区变化大，图幅局部内容需要更新时，可将局部地区编绘成新图，镶嵌到原编绘图相应的位置上，为局部重新编绘的更新方法；图幅仅少量地理要素或航空要素变化大，需要更新时，采用修编法。修编时可根据所编要素及资料分别选用网格法、关系位置法、方位距离法、多方位交会法等一种或两种以上相结合的转绘方法，进行航空图内容的修正和补充。航空图更新的主要资料有最新出版的地形图、专题地图、航空摄影像片、卫星遥感图像以及航空资料等，更新前要认真分析研究新资料的现势性和可靠性，结合用图单位的新要求和原图内容变化实际，确定使用资料和更新方法。

数字地图制图技术已得到广泛应用，各种地图数据库不断建立，全球定位系统和遥感图像用于地图数据库更新的技术日益成熟，利用地图数据库进行航空图更新将成为主要手段，航空图更新的速度加快、周期缩短，使用价值将会明显提高。（张振文）

空军气象

kongjun qixiang

空军气象 (air force meteorology) 影响空军建设和运用等军事活动的大气状态和现象，以及为空军需要而获取和提供气象信息的专业勤务活动的统称。从属于军事气象，是空军气象学的研究对象。

空军气象环境是空军军事环境的重要组成部分，对空军作战行动乃至整个战争进程都有不同程度的影响和制约，并具体体现在战略、战役和战斗行动的多层次、多方位和每个环节之中。在现代战争中，准确掌握和正确运用气象条件，充分估计气象环境对武器装备效能的发挥和对空军遂行作战行动的影响程度，是实施正确指挥、取得作战胜利的重要因素之一。随着空军武器装备系统和作战规模、样式的发展，空军气象环境对空军军事活动的影响和制约作用将更为突出。

简史 人类对空军气象的研究是基于空军作战的需要，在大气科学和有关科学的基础上，与军事航空实践相结合而形成并迅速发展起来的。从1909年起，随着军用飞机的发展，美国、德国、俄国、法国、意大利、英国等开始建立保障军用飞机飞行的气象台(站)。第一次世界大战期间，随着飞机被广泛应用于战争，航空兵逐步发展成为独立兵种，进而出现独立空军，空军气象也得到相应发展。一些国家除加强机场气象台站网建设外，开始建立空军气象的领导机构和天气预报中心，如1915年俄国建立了军事气象总局，负责组织军事航空气象保障；1918年8月，驻法美军建立了天气预报中心，制作战区天气预报，为航空兵作战提供气象保障。第一次世界大战后，各国空军进一步认识到气象环境的重要作用，从组织编制、技术手段、人员培训、装备仪器、气象台站网和通信网建设等方面进行了认真的准备，为空军气象的发展奠定了基础。第二次世界大战期间，一些国家的空军相继建立健全了气象机构，或将国家气象机构划归空军管辖，使空军气象得到了发展。在气象保障中开始利用雷达探测天气，使气象保障的手段有了新的突破。中长期航空天气预报技术的发展，在战争中发挥了重要作用，取得明显的军事效益。如德军进攻波兰时，利用长期天气预报成功地保障了轰炸机的作战行动。担任战略轰炸任务的美国第8航空队，自1943年秋开始，也利用长期天气预报，使轰炸机每月的出动效率提高了一倍。二战后，空军气象有了重大发展。各国根据本国情况，除进一步完善空军气象机构外，还大力加强空军气象业务现代化建设。尤其是气象雷达的迅速发展和气象卫星投入业务使用，提高了短时天气预报的水平和对飞行危险天气的监测能力。计算机技术的开发应用，促进了气象装备的更新换代和气象业务自动化，使航空天气预报初步实现了客观化、定量化，提高了空军气象保障对战争的适应能力、快速反应能力和保障效益。

中国于1920年成立航空署，设气象科，办理航空气象有关事宜。从1927年起，各机场设有测候所。1939年，中国国民党空军设立空军气象总台，1947年改编为空军气象总队，先后建有177个机场气象台和10个探空站。中国共产党及其领导的军队，从1944年7月在延安建立第一个为航空服务的气象站开始，至抗日战争结束，先后在主要抗日根据地建有20个左右的气象观测所(台)。1946年，在东北民主联军航空学校建立气象台，并开设气象班，培训气象人员。中国人民解放军空军建立至1953年，随着空军航空学校和航空兵部队的建立，与之相配套的气象台(站)和军以上单位气象业务管理机构相继组建，初步形成了气象业务管理和勤务保障体系，为圆满完成抗美援朝、配合陆军剿匪、国土防空等作战任务的气象保障奠定了基础。1953年后，空军气象业务技术勤务得到加强。高空气象探测逐渐开展起来，气象台(站)数量逐年增加，建立了探空站和测风、测雨雷达站，开展了气象装备仪器维修、检定业务。1957年，随着防空军与空军合并，空军气象增添了弹道气象研究和保障的内容。1961年，随着空降兵的发展，空军气象又增添了空降气象研究和保障的内容。1955～1966年，空军气象学校、航空气象研究所和空军气象训练团的相继成立，使空军气象科学研究和空军气象人才培训走上了正轨。这一时期，空军气象在国土防空、边境自卫还击作战和国防科学试验中发挥了重要作用。1979年后，空军气象进入新的发展时期。空军气象技术勤务开始采用计算机技术，指挥所实现了天气实况自动显示；气象资料的加工、处理和整编初步实现了信息化、标准化；天气图填写、分析实现了自动化；气象卫星云图和天气雷达回波图像广泛运用于预报保障；模式输出统计预报 (MOS)、专家预报系统等航空天气预报技术有了新的发展，空军气象专业技术水平和气象保障能力有了明显提高。90年代以后，空军气象在航空气象装备、气象业务自动化和航空气象预报保障新技术应用等方面发展迅速。研制的机场激光测云雷达、新型云幕灯、机场地面气象观测自动化系统等，充实了气象观测手段，初步实现了气象要素的观测自动化和遥测化；由计算机控制的机场数字化天气雷达、新型机场高空气象探测雷达系统，以及卫星云图接收处理设备等航空气象装备的研制成

功并装备部队，进一步提高了防范危险天气的能力和高空气象探测能力；航空兵机动气象保障车、气象雷达抢修车、便携式卫星云图接收设备和手持式激光测云仪等装备，增强了空军应急机动保障能力；军以上单位气象中心基本实现了气象信息采集、传输、加工处理的自动化；利用巨型计算机求解描写天气演变过程的数理闭合方程组，建立了空军航空中期数值天气预报业务系统，提高了航空天气预报的水平；空军气象理论建设取得了一定的成果，先后组织编写出版了《气象学教程》、《航空气象学》、《空军气象保障学》、《空军气象史》、《航空气候志》等空军气象学科研究方面的一系列理论专著。

内容 主要包括大气环境研究，气象保障，气象技术勤务等。

大气环境研究 主要包括：影响航空兵、空降兵和高射炮兵活动、武器装备的大气状态和现象的变化规律及其影响程度；测定大气环境实时变化的气象信息采集、传输、加工处理的技术和设备；预测大气环境变化的天气预报和气候分析的理论、技术和方法；利用有利和避开不利大气环境条件的保障理论和方法；人工影响局部天气的技术和方法等。

气象保障 中国人民解放军空军按保障对象分为：空军航空兵气象保障、空降兵气象保障和空军高射炮兵气象保障。因各兵种装备、任务不同，保障的内容有所侧重。对航空兵，主要是提供保障飞机起飞、航行、降落和执行任务所需的风、云、能见度、气压、气温、天气现象以及飞行中可能产生的飞机积冰、飞机颠簸等情况的气象资料和天气预报；对空降兵，主要是提供部队集结地域、空降空投区域和地面战斗区域的气象情况，尤其是空降空投地区飞行高度以下的能见度，地面和空降空投高度的风向、风速以及空降空投高度以下的合成风，影响空降作战安全的雾、降水、低层风切变等气象情况；对高射炮兵，主要提供修定射击诸元所需的地面气压、气温、空气密度偏差量，炸高以下气层内的弹道空气密度、弹道气温偏差量和弹道风等资料，以及部队作战活动地域内的天气情况。

气象技术勤务 为连续掌握大气状态和现象的变化情况，及时提供空军活动所需的气象信息，以及为空军气象研究积累资料，空军气象部门需昼夜不间断地进行专业技术勤务活动。主要包括：①气象信息采集。人工或利用仪器设备对大气状态和现象进行观探测，获取各种气象信息，为制作天气预报、进行气候分析和科学研究等提供、积累基础资料。②气象信息收集与传输。利用各种通信手段，收集、传递大范围(国内外)、多时次(定时、不定时)的各种气象信息。③气象资料加工处理。按照一定的程序和规范标准，对气象资料进行分类、识别、判断、填绘、统计分析和整理，为空军战备建设和其他军事活动提供气候资料。④天气预报。对某地或某区域未来一定时段内影响空军活动的大气环境变化作出科学预测，为遂行各种任务提供决策依据。⑤气象装备维修。为保证气象装备处于良好状态而进行日常维护、检定和针对出现的故障进行修理。

特点 空军气象是根据空军军事活动的需要，把大气科学的最新成果，借助于其他科学技术的手段，应用于空军军事领域。①空军气象环境在空军军事环境中具有多变性。由于大气的不断运动，影响空军活动及其武器装备的大气状态和现象也在不断地发生变化。这种变化在时间上有年、季、日的周期性变化，也有随天气系统的演变而发生的非周期性变化；在空间尺度上有数千千米的大尺度变化，也有数百乃至数十千米的中小尺度变化；在不同的地表、纬度、高度，也都存在着明显的差异。②气象保障难度大。主要表现在受制于大气科学的发展水平，预测天气的准确率还不能完全满足保障任务的要求；受制于大气探测技术的发展，有些气象要素的探测尚处于空白，缺乏先进的技术装备；受制于其他相关学科所提供的技术手段，如大量的气象信息在高度分散的情况下实现迅速集中，需要依赖于快速、可靠的气象通信网络和高速运行的计算机自动处理系统。高技术武器装备日新月异，受大气环境影响的机理和程度，人们尚处于感性认识阶段，缺乏高技术条件下局部战争有效的气象保障方法和实战经验。③空军气象专业门类多、业务技术复杂、科技含量高。为掌握大气环境变化规律，实施不间断气象保障，空军气象保障单位每天都在连续进行各项专业技术勤务。专业门类主要包括：气象观探测、天气图填绘、天气分析预报、气象资料统计与气候分析、气象仪器维修与检定、气象雷达的操作与维修、气象卫星资料接收处理等。空军气象业务的发展需要借助电子、计算机、航空航天等技术学科所提供的技术手段。高新技术的应用主要体现在大气遥感、气象信息传输、数值天气预报、气象业务自动化和人工影响局部天气等方面。④空军气象系统性强。从大气科学的角度看，气象业务具有观测站点高度分散，采集的信息迅速集中，观测的站址、时间和使用的仪器和方法协调一致，国内外、军内外密切合作等特点。一个地区的大气运动受着其他地区大气运动的影响，不同尺度的大气运动也相互作用。为掌握大气运动变化快、范围广、形式多的特点，就必须对大气进行连续的、大范围的和高时空分辨率的观探测；必须在站网布局、观测项目、资料处理、信息传输等方面作出统一规划、规范和互相协调。各气象台(站)要在同一时间，用接近相同的仪器和观测方法，在各地进行同步观测。从气象保障的角度看，空军各级气象中心和气象台(室、站)等组成一个组织严密、机构健全的气象保障体系，经常为同一项任务或同一个目的，在不同的地点、不同的岗位按照责任区分实施保障。有时还要协同陆、海军以及地方气象部门共同实施气象保障。

展望 在新军事变革的推动下，空军气象将以提高空军战斗力为目标，优先发展与空军气象保障直接相关的领域和项目。①气象观探测技术正在向遥感和自动化方向普及。自动气象站、飞机探测、火箭探测等技术的日趋成熟，使得对海洋、荒漠和高层大气的探测范围不断扩大。多普勒天气雷达、激光测云雷达、风廓线雷达、雷电定位仪等遥感探测技术的陆续应用，不仅扩大探测范围，缩短探测时间，提高探测的连续性和精确度，而且将极大地丰富探测内容，增加气象信息量。气象卫星探测技术将在增加探测内容、提高探测精度的同时，向一星多用、综合利用的方向发展。②天气预报技术逐步向客观化、定量化方向发展。计算机在天气预报中的广泛应用，使得数值天气预报成为航空天气预报业务的主要方法之一。随着计算机性能的迅速改进，数值天气预报产品的种类、时效和质量将得到进一步增加或提高；人工智能、模

糊数学、耗散结构理论、灰色系统理论、控制论等当代新思想、新理论和新技术在天气预报中的综合应用，将为天气预报技术的发展不断开辟新的途径，为传统的天气预报方法注入活力。③气象保障的内容和技术手段将趋于信息化、综合化。信息工程在空军气象各个领域的广泛应用，气象保障将逐步实现与作战指挥、武器装备的信息交联，不仅大大地提高气象保障的时效和质量，而且将会引起气象保障方式的变革。④军事人工影响局部天气技术的逐渐成熟，将使其在空军军事活动中得到较广泛应用，使天气由作战条件变成作战武器成为可能。

（李福林　陈锦荣　张国杰）

junshi hangkong qixiangxue

军事航空气象学 (military aviation meteorology)　研究大气环境对军事航空活动和航空武器装备的影响，探讨实施军事航空气象保障理论和方法的学科。军事气象学的组成部分。主要任务：在揭示大气运动和天气变化规律的基础上，研究如何组织实施航空气象观探测和航空天气预报等航空气象保障理论和方法。

简史　军事航空气象学是基于军事航空活动的需要，在气象科学、航空技术、军事科学及其他相关科学技术的基础上形成并发展起来的。1903年12月，美国莱特兄弟在做人类首次飞行时，用风速表观测了地面风速，是航空气象学的萌芽。随着航空技术用于军事活动以后，军事航空气象学开始发展。第一次世界大战期间，军用飞机受性能限制只能在简单的气象条件下飞行，航空气象部门着眼于地面风和对流层下部气流对飞机起落、射击和轰炸及远程飞行的影响，航空天气预报项目主要是地面风、能见度、云、降水、雷暴以及3 000米高度以下的空中风等气象要素。战后，飞机性能不断提高，为适应中、高空和复杂天气条件下飞行，迫切需要进一步了解各个高度层的云、降水、雷暴、飞机积冰、大气湍流等对飞行的影响和准确的航空天气预报。20世纪20年代末，天气学的发展和无线电探空仪的出现，为探测空中温、压场的分布和制作航空天气预报创造了条件，促进了军事航空气象学的迅速发展。第二次世界大战前，针对气象情报封锁的问题，苏、美等国开始研究应用飞机侦察天气和用不完全天气图预报天气的方法。大战期间，云、雾、降水、雷暴以及飞机颠簸、飞机积冰、飞机电击和急流等成为航空气象观探测和天气预报的重点，雷达探测天气技术也开始投入业务使用。第二次世界大战之后，喷气式飞机迅速发展，使平流层气象探测和飞机凝结尾迹高度的预报成为重要问题。60年代以来，飞机进场着陆系统和机载气象雷达的应用，使低云、恶劣能见度和雷暴对飞行的威胁在一定程度上有所减小，但晴空湍流和低空风切变的影响又逐渐成为新的课题。此后，气象卫星、无人气象侦察飞机、多普勒天气雷达、低空风廓线雷达以及地面气象观测自动化系统等气象装备的应用和气象通信技术的发展，为迅速获取全球范围和中小尺度天气系统的气象资料提供了有力工具；计算机在加工处理气象信息和制作天气预报等方面得到了广泛应用，使航空天气预报开始由主观、定性、手工作业方式逐渐转变为客观、定量、自动化工作方式；随着现代科学技术的进步和军事航空气象保障理论和方法的不断完善，航空兵气象保障的质量和效能得到提高，使军事航空气象保障进入了新的历史发展阶段。

中国于1920年成立航空署，设气象科，办理航空气象有关事宜。从1927年起，在机场设测候所。1939年国民党空军设立空军气象总台。1939年6月，黄厦千著《航空气象》出版。中华人民共和国建立后，伴随着人民空军的成长壮大，逐步建立健全了气象保障体系，开展了军事航空气象科学和军事航空气象保障等多方面的研究，先后出版了《气象学教程》、《航空气象学》和《空军气象保障学》等理论专著，军事航空气象学取得了新的发展。

内容　主要包括两个方面：气象条件对军事航空活动和航空武器装备的影响；实施航空兵气象保障的技术和方法。

气象条件对军事航空活动和航空武器装备的影响　气象条件对军事航空活动和航空武器装备的影响十分显著，与军事航空活动和航空武器装备使用最为密切的气象要素和天气现象有：①气压、气温、湿度、大气密度。对航空发动机工作特性和飞机空气动力性能以及高度表、空速表的示度等，都有一定的影响。掌握其变化规律对于改进飞机设计、充分发挥飞机性能以及实施军事航空气象保障都有重要的意义。②风。在飞机起降过程中，风的影响至关重要。逆风起降，便于稳定操纵飞机，缩小滑跑距离；侧风着陆则增加飞机操纵的复杂性；顺风飞行，可以增加地速，节省燃料；强烈的低空风切变往往会导致严重事故。在实施射击、轰炸、拦截、侦察以及空中加油、机(伞)降等过程中，都会受到空中风的影响。③云。云可以产生降水等天气现象，可以造成飞机颠簸、飞机积冰、飞机电击等情况。云中能见度恶劣，云中飞行难以识别地标，容易产生错觉，对飞行编队、穿云集合、轰炸、射击、空中加油、空降、空投以及高技术航空武器的使用均有很大影响。云底高度是机场允许飞行的重要条件之一。④能见度。云、雾、降水、烟、霾、沙尘等天气现象可使能见度转坏，影响飞机起降和目视飞行，也是机场允许飞行的重要条件之一。云、雾、降水、沙尘对精确制导武器的影响尤为严重。⑤强对流天气。大气中强烈的对流运动产生的雷暴、冰雹、大风、龙卷、暴雨等天气的总称。强对流天气主要由中小尺度天气系统形成，具有空间范围小、持续时间短、突变性强等特点，难以准确预报。强雷暴云下出现的低空风切变和下冲气流会给飞行造成严重障碍，飞机在强雷暴云中飞行，极易发生强烈的颠簸和积冰。强对流天气对地面兵器设施也会造成危害。⑥飞机颠簸。飞行过程中，当飞机与大气湍流的尺度相近时，会出现上下俯仰、左右摇晃以及机身抖振等现象，造成飞机操纵困难，轰炸、射击不易命中目标，严重时飞机会失去控制，甚至损伤失事。颠簸的强度取决于扰动气流的强弱、机身的长度、飞行的速度和机翼载荷等。⑦飞机积冰。飞机在含有过冷水滴的云雨中飞行，当机体表面温度达到0℃以下时，飞机表面突出部位就会积冰。积冰会破坏飞机的气动外形，增加飞行阻力和油耗，妨碍静压系统仪表指示，影响飞机的稳定性和操纵性，严重时甚至导致飞行事故。积冰的危害程度取决于积冰的种类、强度和飞机的防冰能力。积冰是威胁飞行安全的主要因素之一。⑧飞机电击。即雷电击中飞机的现象，亦称雷击。电击可击穿飞机的表面，破坏机

上电子设备，甚至击中油箱引起爆炸。在含水量较大的混合云的0℃等温层中，发生电击的几率较大。⑨飞机凝结尾迹。飞机发动机排出废气中的水汽和周围冷空气混合后，因冷却而发生的凝结现象。在晴朗天气中，尾迹可暴露飞机的类型、位置、架数及意图等。

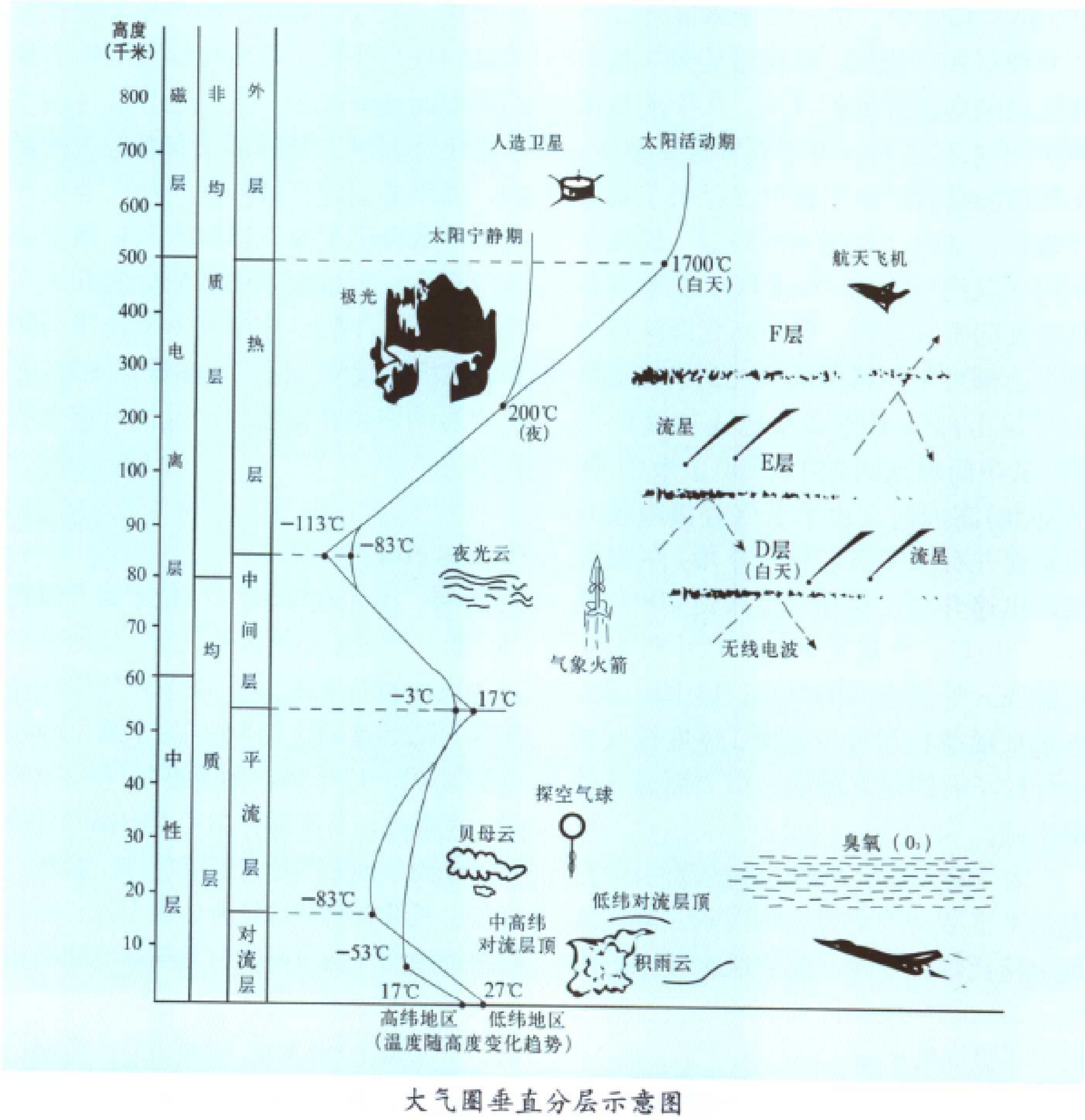
实施航空兵气象保障的技术和方法主要包括：①军事航空气象观探测技术与方法。主要有地面和空中气象观探测技术，以及气象雷达、气象卫星探测等大气遥感技术。研究的重点是对军事航空活动有直接影响的气象要素和天气现象及其探测原理和有关仪器设备。②军事航空天气预报技术和方法。重点是研究对飞行活动有直接影响的风、云、能见度、强对流天气等气象要素和天气现象的变化规律及其预报方法。航空天气预报方法主要有天气学方法、统计学方法、统计-动力方法和数值天气预报方法等。③军事航空气象资料的加工处理、存储检索及气候分析与预测技术和方法。主要有航空气象信息处理技术和方法、航空气象信息通信技术和方法、航空气象资料数据库技术、航空气候分析和服务技术等。④用于保障军事航空活动的人工影响天气技术和方法。主要有人工消云、消雾、增雨、造雾、抑制雷电以及削弱与引导台风等。人工影响局部天气变化是航空兵气象保障技术和方法的新领域。

展望 军事航空气象学尚处在发展阶段，随着现代军用飞机和武器装备性能的提高，一方面增强了对复杂天气的适应能力，另一方面也提出了许多与大气环境、气象保障有关的新问题。应用现代技术深入研究大气环境对军事航空活动和武器装备的影响，提供新的气象信息采集、传输、加工处理手段，发展客观、定量的航空天气预报技术，实现军事航空气象保障的自动化，以及通过人工影响局部天气改变大气环境条件等，是未来军事航空气象学继续深入研究和解决的重要问题。 （李福林 刘 强）

daqiquan

大气圈 (atmosphere) 包围地球的空气层。又称大气。有时其全部或某一层又称大气层。由以氮、氧、氩为主的多种气体混合组成，其总质量约5.14×10^{18}千克，从地球的水陆表面向上伸展，密度随高度增加迅速减小，18千米高度时仅为地面的1/10，32千米高度以下集中了整个大气99%的质量。大气没有明显的上界，至1 000千米高度仍有大气分子受太阳高能粒子激发形成的极光，2 000千米高度时大气极度稀薄，6 000千米高度以上，逐渐过渡为外层空间的行星际介质。大气不仅受地心引力作用随地球转动，还受日月的引力形成大气潮汐。此外，大气各层次间还有复杂的水平和垂直运动。作为地球主要能源的太阳辐射经过大气传到地面，大气又通过自身的长波辐射对地球的辐射平衡起着重要作用。大气的各种物理特性随高度有着较大的变化，因此通常将大气分为几种边界模糊的同心球气层。

按照大气成分结构，分为匀和层和区分层（见图）。①匀和层（均质层）是大气主要成分比例随高度基本不变的气层。从地面到85千米高度间，大气湍流的混合作用远大于气体分子的扩散作用，各种气体上下混合，主要气体所占的比例（氮、氧、氩各为78.084%、20.948%、0.934%）及大气的平均分子量（28.964）随高度几乎不变。匀和层中二氧化碳、水汽、臭氧等其他气体在大气总量中所占的比例虽少，但对大气特性的影响却很大。臭氧主要分布在10～50千米高度间，集中于20～30千米高度层内，随季节和纬度而异。臭氧能吸收大部分太阳紫外辐射，使臭氧层大气增温并保护地球生物免受紫外辐射伤害。二氧化碳多均匀分布于20千米高度以下，主要来源于各种燃烧、生物呼吸及有机物的腐化。二氧化碳能吸收和发射长波辐射，影响气温的变化。水汽主要来源于江河湖海及植物表面的蒸发。由于它在不同的气温和气压条件下可相变为水滴或冰晶，因而其含量在局部地区可在0.01%～4%的巨大范围内变化。水汽的相变是天气变化的关键过程，水汽相变时放出的潜热及其吸收或放出的长波辐射能直接影响大气的温度。②区分层（非均质层）是大气主要成分比例随高度逐渐变化的气层。在110千米高度以上，气体分子的扩散作用超过大气湍流的混合作用，各种气体经重力分离后，按原子量或分子量从大到小向上排列，重的在下轻的在上，最下层是氮，500千米高度以原子氧



大气圈垂直分层示意图

为主，1 000～2 400千米高度间为原子氦层，以上为原子氢层。85～110千米高度间是匀和层与区分层的过渡区。

按照大气的电磁特性，大气分为中性层、电离层和磁层。①中性层是大气主要成分保持中性状态的气层。从地面到60千米高度间，除雷暴时局地有较多带电粒子外，主要成分均为中性的分子或原子。②电离层是大气部分气体保持电离状态的气层。从60千米到500千米或1 000千米高度间，有较多的气体分子或原子因太阳电磁辐射作用而成为带电的离子。按照电子数密度的大小，自下而上又分为D层(60～90千米)、E层(90～130千米)、F_1及F_2层(最大电子浓度在200及300千米附近)，各层的高度、厚度及电子数密度又随昼夜、季节、纬度及太阳活跃程度而变化。电离层对无线电传播具有重要作用。③磁层是大气带电粒子的运动尚受地球磁场影响的气层。从电离层顶向上到太阳风动能密度与地磁场磁能密度相平衡时为磁层顶。理论上磁层顶即大气的上界。

在气象上应用最广的是按照大气的热力特性，分为对流层、平流层、中间层、热层和外层。50～55千米高度以下为对流层和平流层。中间层是大气层中部气温随高度降低的气层。从平流层顶到85千米高度间，由于臭氧含量减少，大气所能吸收的太阳辐射又已被上层大气吸收，层内气温随高度降低，层顶年平均气温约-113℃～-83℃，层中有相当强度的垂直运动，夏季高纬地区晨昏时在上部可见到稀薄的夜光云。热层是大气层上部气温随高度迅速增高的气层。从中间层顶到250或500千米(太阳活动期)高度间，由于大气直接吸收太阳辐射并有太阳高能粒子作用，气温随高度迅速升高，层顶气温可达200℃甚至1 700℃。外层是大气上层中性粒子可能逸入外层空间的气层。层中由于大气极度稀薄相互极少碰撞，速度较大的中性粒子有的能克服地心引力而逸入外层空间。

大气是人类生存和生产活动的环境，也是军事活动的重要影响因素。现代战争中核武器、导弹、航空航天技术的发展，对大气环境条件及其物理特性研究提出了更高的要求。

（吴镇中）

daqiceng

大气层 (atmosphere)　见大气圈。

daqi bianjieceng

大气边界层 (atmospheric boundary layer)　对流层下层受地表摩擦力影响的气层。又称摩擦层或行星边界层。大气边界层的特性取决于地表的热力性质和动力状况，取决于下垫面的不均匀性。其厚度随下垫面的粗糙度、层结的不稳定度及风速的大小而异，通常在三四百米到一两千米之间变化。由于地表的热力和摩擦作用，边界层内湍流强烈，通过湍流作用大气与下垫面有动量、热量和水汽交换。大气从下垫面获得的能量，经过复杂的过程转变为大气的动能，又经由摩擦作用而不断消耗散失。大气边界层又可分为约100米高度以下的近地面层和以上的上边界层。近地面层由于地面直接的摩擦和阻挡作用，各种气象要素的垂直梯度较大且越近地面越大；上边界层中地表的摩擦作用随高度的增加而逐渐减弱，使风向、风速随高度近似螺旋线分布，在上边界层顶部过渡为自由大气时近似为地转风。由于太阳辐射的昼夜变化，大气边界层中的气象要素也有明显的昼夜变化，但变化幅度则随高度的增加而逐渐减小。大气边界层中的气象变化过程对人类的活动有着较大的影响，强烈的湍流交换作用可使工业生产排放的各种烟尘及气体向大气扩散形成大气污染。近地面层的气象要素和天气现象对核、生物、化学武器的使用与防护，飞机的起降、低空及超低空飞行，光电武器的使用及军队行动等都有很大的影响。

（吴镇中）

duiliuceng

对流层 (troposphere)　位于大气圈底部，垂直对流运动显著的气层。从地表至对流层顶的厚度随纬度、季节及气象条件而异。低纬度地区约16～18千米，中纬度地区10～12千米，高纬度地区8～9千米，夏季厚，冬季薄。由于太阳辐射直接加热地面，地面的热量通过传导、湍流、对流、长波辐射等途径再传给大气，因而越接近地面气温越高。气温随高度的增高而降低的程度因地区、季节及天气而不同，平均每上升1千米下降6.5℃。对流层可分为下、中、上3层。下层是受地表摩擦力影响的大气边界层；中、上层可以忽略摩擦力的影响，称为自由大气。对流层顶是对流层和平流层的过渡区，厚度约几百米到一两千米。过渡区中气温随高度增高而略减、不变甚至略有增加，层顶的气温在低纬度地区约-83℃，高纬度地区约-53℃。在低纬度和高纬度之间对流层顶往往断裂，在中纬度常有对流层顶和与锋区相联系的西风急流，而在低纬度对流层顶下常有东风急流。对流层集中了大气圈近80%的空气和几乎全部的水汽，主要的天气系统及大多数的雨雪等复杂天气现象都在这一层中发生、发展。低层和高层的空气通过交换，使近地面的水汽及尘埃得以向上输送。层结十分稳定的对流层顶对垂直运动有明显的阻挡作用，上升的水汽及尘埃等往往多聚集其下，使能见度变差；发展旺盛的积雨云顶部则被迫平衍成砧状。对流层是大气圈中天气变化最复杂、对人类生活及军事航空活动影响最大的大气层。

（吴镇中）

pingliuceng

平流层 (stratosphere)　对流层顶至距地面50～55千米高度之间，盛行平流运动的气层。层中所含臭氧直接吸收太阳辐射，使层中气温随高度的增加而增加，下半部增加较慢，上半部增加较快。气温随高度由增加转为减小的转折处即为平流层顶，层顶气温可达-3℃～17℃。平流层中大气的垂直运动远比对流层为弱，尤其上半部为强逆温层，几乎没有垂直运动，水汽和尘埃的含量也极少，除对流层中发展强烈的积雨云的顶部有时透过对流层顶进入平流层的底部外，一般没有复杂的天气现象。平流层的顶部有时有一些分散的卷云。冬季高纬度地区晨昏时在20～27千米高度上有时能见到色彩绮丽的贝母云。平流层中气流平稳，天气晴朗，能见度好，空气阻力小，有利飞机远航，高性能的作战飞机多在平流层中飞行。但因空气稀薄，对飞机的操纵性能及发动机的工作性能均有不同程度的影响，如飞机对操纵的反应较迟缓等。

（吴镇中）

daqi qirongjiao

大气气溶胶 (atmospheric aerosol)　大气中由分散的固态或液态微粒所构成的悬浮体。这些微粒大都成为大气中凝

结或凝固的核心，参与大气对太阳辐射的散射和吸收过程以及各种化学循环过程。烟、霾、雾及微尘等都是大气中天然或人为原因形成的气溶胶。大气中的固体微粒有多种来源：由风扬起的细灰和微尘，自然火灾和人工燃烧产生的灰烬和烟尘，植物的花粉孢子及微生物，海水飞沫蒸发后留下的盐性粒子；大气中多种化学反应所形成的盐类粒子；地球内部经由火山喷发进入大气的尘粒以及来自宇宙的尘粒等。固体微粒的半径在10^{-3}～10^{2}微米之间，按半径大小可分为：小于0.1微米的"爱根"核，0.1～1微米的大核，大于1微米的巨核。大气中的液体微粒主要是微小的水滴，由水汽凝结而成。当湿度较大时，可溶性的固体粒子可形成悬浮的溶液滴。通过粒子的碰并聚合和雨、雪沉降的冲刷可以减弱和消除大气中的气溶胶。

1976年美国标准大气部分资料表

几何高度(km)	位势高度(km)	温 度(K)	气 压(hPa)	密 度(kg/m³)	分子量(kg/kmol)	重力加速度(m/s²)	温度梯度(K/km)	层 次
0	0	288.150	1.01325×10^{3}	1.2250×10^{0}	28.964	9.8066	−6.5	对流层
11.019	11	216.650	2.02632×10^{2}	3.6392×10^{-1}	28.964	9.7727	0.0	平流层
20.063	20	216.650	5.4748×10^{1}	8.8035×10^{-2}	28.964	9.7450	+1.0	
32.162	32	228.650	8.6801×10^{0}	1.3225×10^{-2}	28.964	9.7082	+2.8	
47.350	47	270.650	1.1090×10^{0}	1.4275×10^{-3}	28.964	9.6622	0.0	中间层
51.413	51	270.650	6.6938×10^{-1}	8.6160×10^{-4}	28.964	9.6499	−2.8	
71.802	71	214.650	3.9564×10^{-2}	6.4211×10^{-5}	28.964	9.5888	−2.0	
85.5	84.365	187.920	4.0802×10^{-3}	7.5641×10^{-6}	28.964	9.5481		
86	84.852	186.87	3.7338×10^{-3}	6.958×10^{-6}	28.95	9.5466	0.0	热 层
91	89.716	186.87	1.5381×10^{-3}	2.860×10^{-6}	28.89	9.5318	椭圆函数	
110	108.109	240.00	7.1042×10^{-5}	9.708×10^{-8}	27.27	9.4759	12.0	
120	117.777	360.00	2.5382×10^{-5}	2.222×10^{-8}	26.20	9.4466	指数函数	
500	463.540	999.24	3.0236×10^{-9}	5.215×10^{-13}	14.33	8.4286		
800	710.574	999.99	1.7036×10^{-10}	1.136×10^{-14}	5.54	7.7368		外 层
1 000	864.071	1 000.00	7.5138×10^{-11}	3.561×10^{-15}	3.94	7.3218		

大气气溶胶是影响天气的重要因素。这些微粒直接引发大气中水汽的凝结、凝华以及过冷却水滴的冻结。它们对光线的散射和吸收的屏蔽作用，使大气的能见度明显降低，严重时可危及航空、航海和陆上交通安全。除一般性气溶胶外，工业生产排放的有害粒子污染环境到一定浓度时，对人类生存造成巨大威胁。大气气溶胶对夜视装备、精确制导武器有严重影响。在现代战争中，由爆炸性烟雾、化学毒剂和生物战剂以及核爆炸形成的毒性烟云和放射性尘埃，构成了特定的战场大气气溶胶，其微粒影响微波通信、电子光学武器的使用，有的对人员具有杀伤力。

（吴镇中）

biaozhun daqi

标准大气 (standard atmosphere) 气温、气压和大气密度等大气物理属性在垂直方向上按一种实验规律分布的模式大气。依据实测资料，假定大气为静止而干洁的理想气体，在给定海平面上的气温、气压和大气密度以及气温随高度变化的条件下，按照气体状态方程和流体静力学方程计算得出各高度的气温、气压和大气密度的数据。此外，对大气成分、标高、重力加速度、空气质点数密度、质点平均速度、平均碰撞频率、平均自由程、平均分子量、音速、粘滞系数、热传导率等也做了规定。被认为是理想化的、静态的和接近实际大气的模型。

标准大气主要是应飞行器设计和飞行试验的需要而提出的。飞行器在大气中飞行所显现的各种空气动力、发动机推力、燃料消耗量、飞行速度、升限和某些航行仪表的示度等，都与大气物理状态有关。如气压高度表的示度与实际高度的误差受气温垂直分布的影响；飞机升力、迎面阻力以及发动机推力与大气密度有关。飞机和其他飞行器的飞行技术数据，随着大气环境的不同，变化的范围可以相当大，在设计飞行器及其设备和仪表、订正飞行试验数据时，必须使用某种与昼夜时间、季节以及飞行地点无关的、所有情况下都是一样的大气背景参数，即标准大气。采用标准大气，能够得到可以互相比较的仪表示度、飞行试验数据、空气动力计算值、地球物理测量值和气象测量值等。

标准大气通常由权威机构制定和颁布。国际性组织颁布的称为国际标准大气，国家主管机构颁布的称为国家标准大气。一种标准大气，除在多年后发现和实际情况相差较大应作修正外，一般不经常变动。20世纪20年代，美国首次制定标准大气。之后国际航空联合会在美国标准大气的基础上制定了第一个国际标准大气。随后，许多国家和组织也陆续制定一些内容更新更完善的标准大气。在国际上影响较大的是1962年和1976年的美国标准大气。1962年美国标准大气(USSA−1962)是由美国标准大气推广委员会提出的，反映太阳黑子数从最小值到最大值期间，中纬度地区在−5～700千米高度范围的大气全年平均状况。1964年国际民用航空组织采用它作为32千米以下大气的国际标准，1973年又把它作为50千米以下大气的国际标准。随着科学技术的发展，人们从火箭和卫星探测的丰富资料中又有了新的发现。1976年美国标准大气（见表），就是根据这些新的发现对1962年美国标准大气进行修订后编制的。它代表了中等太阳活动期间，中纬度地区由地面到1 000千米的理想静态大气的平均结构。其特性规定：①标准海平面重力加速度为9.80665米/秒²。②在平均海平面上，气温为15℃(288.15K)，气压为1 013.25百帕或760毫米水银柱，大气密度为1.225千克/米³。③地面到11千米为对流层，气温垂直递减率为0.65℃/100米，近似多元

大气。④11～20千米为平流层，是等温大气。⑤20～32千米气温垂直递减率为-0.1℃/100米。这个标准在位势高度51千米以下和1962年美国标准大气完全相同，50～80千米与国际标准化组织的暂用国际标准一致。

中国北纬45°附近30千米以下的实际大气与1976年美国标准大气十分接近，中国国家标准总局将1976年美国标准大气的30千米以下部分，选作中国的国家标准(GB1920—80)，自1980年5月1日起实施。 （张国杰）

daqi huanliu

大气环流 (general circulation of atmosphere) 大范围的具有一定稳定性的大气运动状态。是各种不同尺度的天气系统发生、发展和移动的背景条件，对天气的变化和气候特点都有直接影响。研究其特征、形成、维持和变化，对于提高天气预报水平和气候资源利用率，以及实施军事航空气象保障等，都具有重要意义。

大气环流是在太阳辐射、地球自转、大气自身的特殊尺度、地球表面的不均匀，以及地面摩擦等基本因素共同作用下形成的一个内在统一的大气运动整体。就水平尺度而言，有洲际、半球或全球范围的大气环流；就垂直尺度而言，有对流层、平流层、中间层或整个大气圈的大气环流；就时间尺度而言，有一至几天、月、季、年，直至多年平均的大气环流。它既是地—气系统进行热量、水分、角动量等的交换和能量传输转换的重要机制，也是这些物理量的输送、平衡和转换的重要结果。

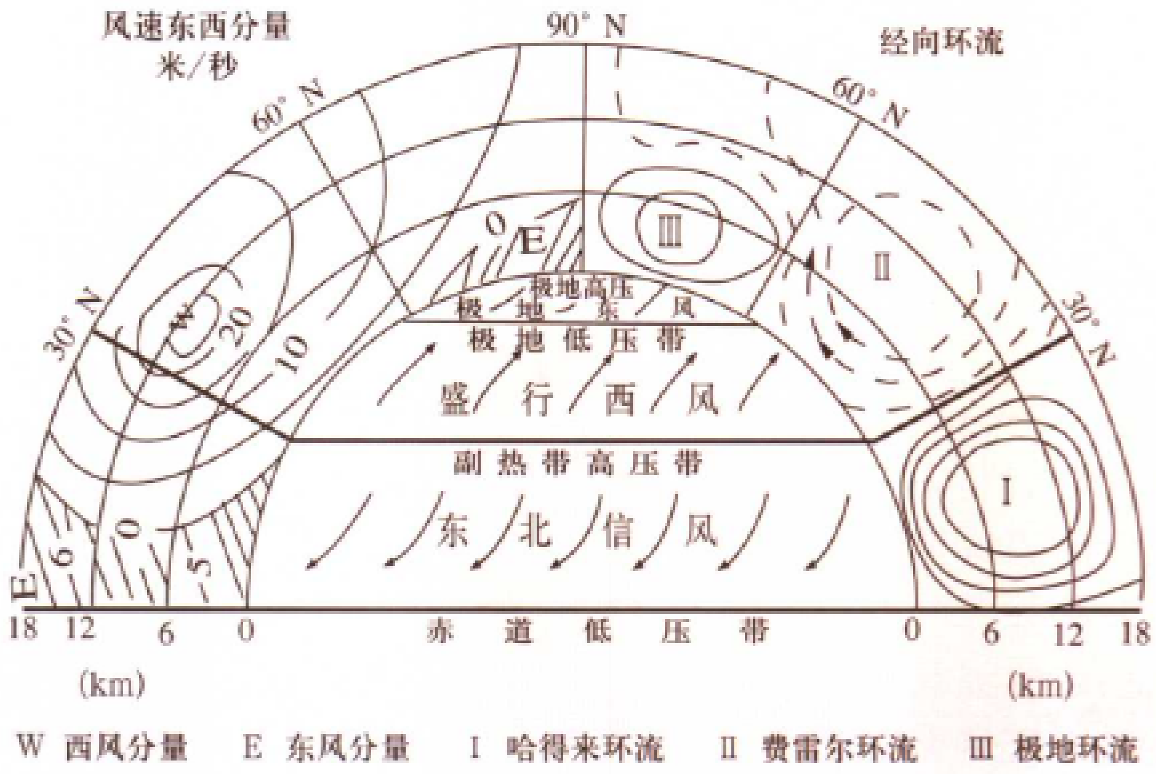


图2 北半球地面气压、风系和大气环流概略示意图

行星尺度大气环流最基本的特征是盛行以极地为中心的纬向环流(图1)。在对流层中，低纬度地区盛行东风，称为东风带或信风带(在北半球为东北信风，在南半球为东南信风)，其范围随高度减小；中、高纬度地区盛行西风，称为西风带；中纬度地区西风带的风速随高度迅速增大，最大风速出现在纬度30°~45°上空的200百帕附近，称为行星西风急流；极地附近，低层有一较浅薄的弱东风带，称为极地东风带。平均说来，对流层的低层，极地东风有偏向中纬度吹的分量，中高纬度地区的西风有向高纬度和极地吹的分量，低纬度地区的东风有向赤道吹的分量。在平流层中，处于冬半年的半球为西风环流，处于夏半年的半球为东风环流；春秋季节，高纬度地区为西风，低纬度地区为东风。无论西风或东风，都随高度的增高而增强，强度都较对流层里的大。

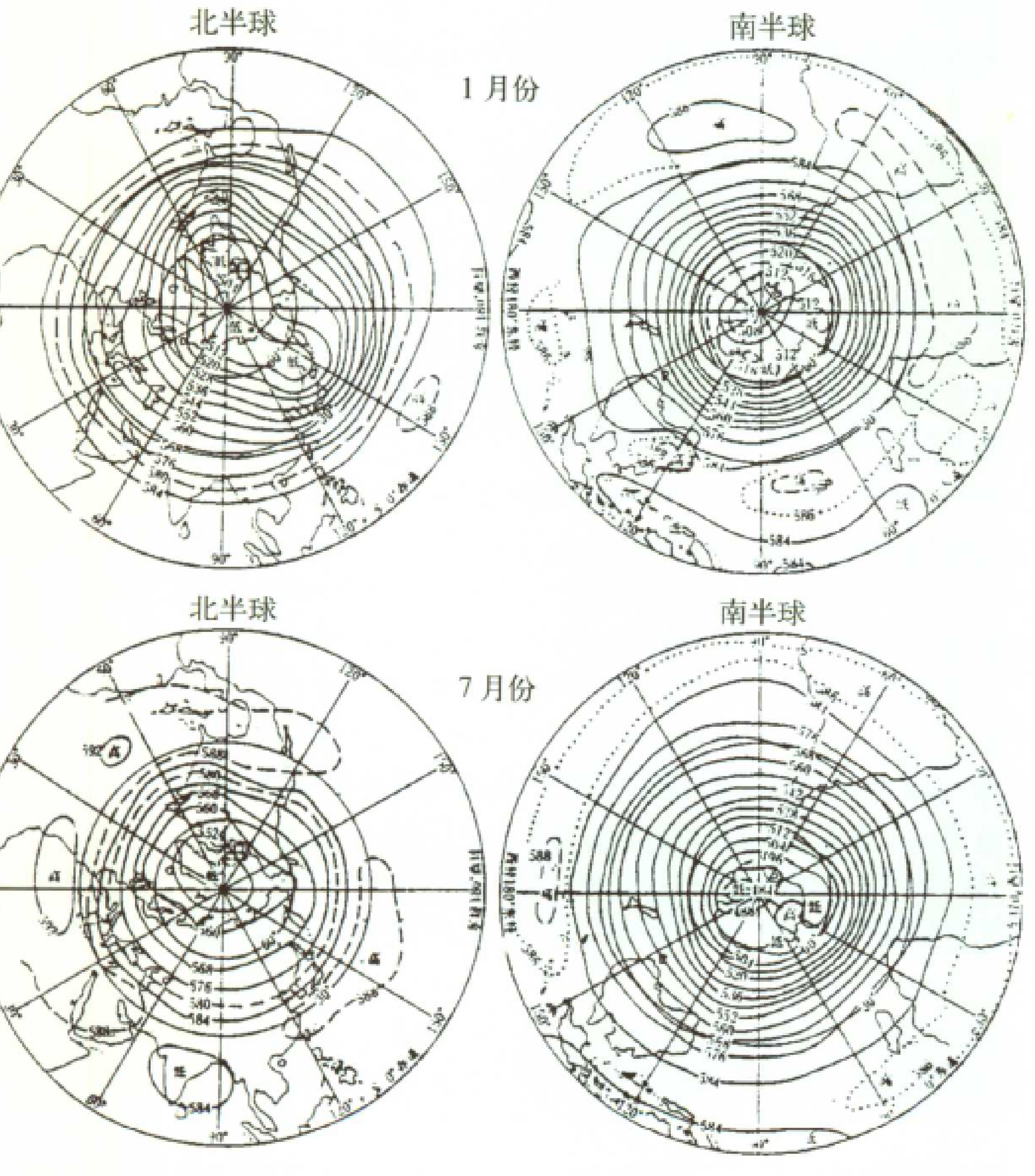


图1 500百帕等压面平均形势图

大气运动速度的南北分量和垂直分量，一般都比东西分量小。但在南北两半球的对流层中仍存在3个明显的经圈环流(图2)：①低纬度地区的正环流，称为哈得来环流。②中纬度地区的逆环流，称为费雷尔环流。③极地的正环流，称为极地环流。哈得来环流最强，极地环流最弱。哈得来环流和费雷尔环流之间的下沉气流区，同副热带高压的平均位置相吻合。费雷尔环流和极地环流之间的上升气流区，同极锋的平均位置相一致。南北半球的两个哈得来环流之间的上升气流区正是热带辐合带的所在位置。在平流层下部有两个环流圈，中低纬度地区是一个正环流，中高纬度地区是一个逆环流。

由于地球表面海陆分布所引起的辐射、感热和水汽潜热等热力差异，以及地

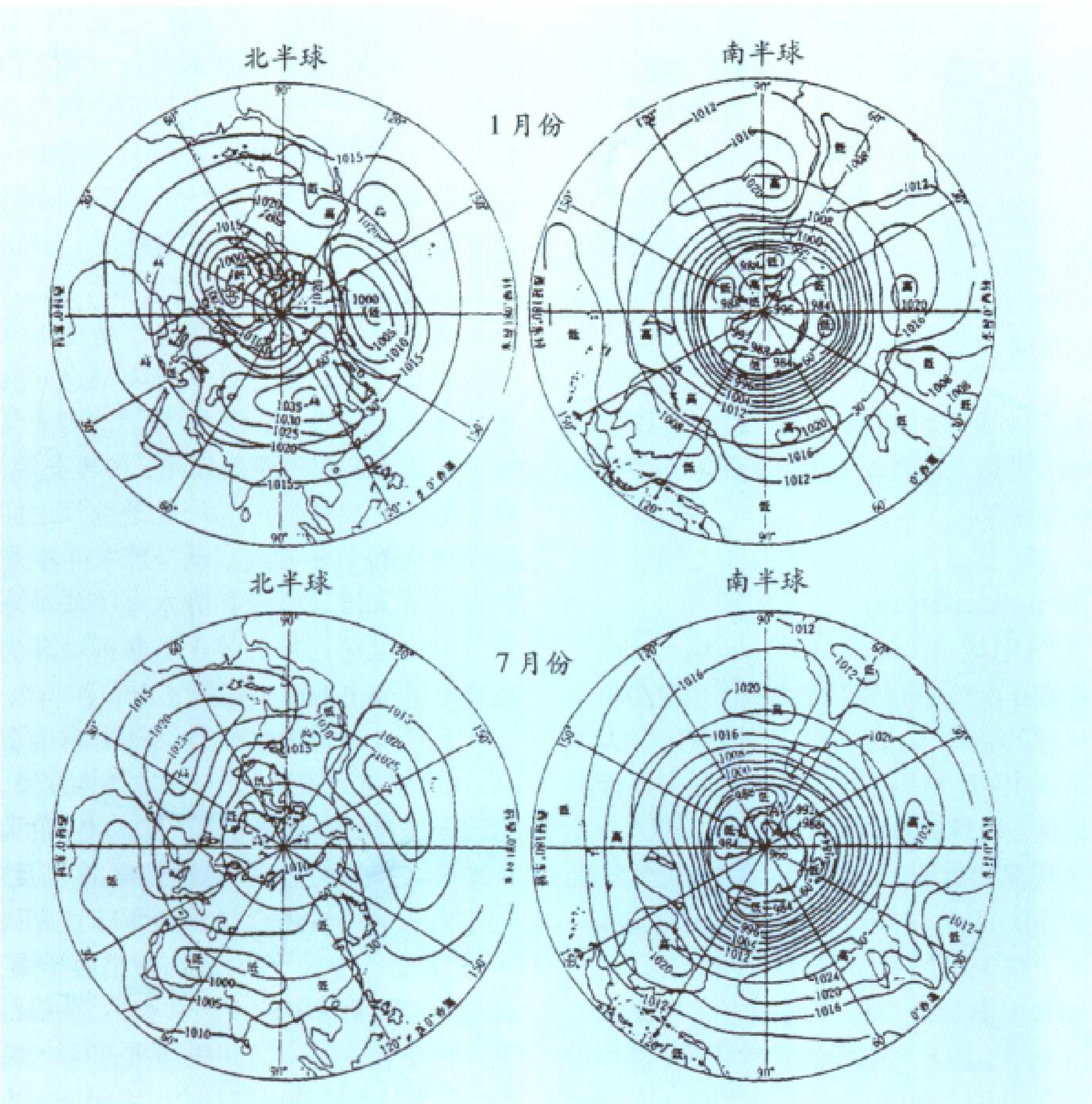


图3 海平面气压形势图(单位:百帕)

面摩擦和大地形的作用,造成大气环流呈现出复杂的不均匀性。在高空西风带上,沿纬圈绕地球一周有波数为1~3个的超长波,波数为4~7个的行星波或长波,以及波数为8个或8个以上的短波。行星波和短波都是移动性的波,超长波主要是摆动性的。在对流层内,短波主要出现在其中部和下部,长波主要出现在其中部和上部,超长波则存在于整个对流层。但在每日的天气图上,超长波被行星波和短波所掩盖而不易辨识,只有在旬或月以上的平均图上,才清楚地显现出来(图1)。实际大气环流状态都是由很多不同尺度、不同频率的大气波动叠加而成的。当这些波动的振幅比较小时,大气主要沿纬圈运行,称为纬向环流型;当这些波动的振幅比较大时,大气主要作南北向运动,称为经向环流型。这些波动经常在固定的地理区域加深,形成高空的平均槽脊。在中纬度地区,存在由几个闭合高压组成的副热带高压带。在低纬度地区,东风带上也有波动,但强度较弱。在低空,涡旋运动更加明显,其中稳定而巨大的高、低压系统,对天气和气候有明显影响,称作大气活动中心(图3)。一年四季都存在的,称为永久性大气活动中心,如南太平洋高压、南大西洋高压、南印度洋高压等;仅在一定季节出现的,称为半永久性大气活动中心,如北太平洋高压、西伯利亚高压、阿留申低压、亚洲低压等。此外,还有更多尺度较小的低压和高压系统,称作气旋和反气旋。

全球规模的东西风带、三圈环流,行星尺度的高空急流,西风带中的大型扰动,常定分布的平均槽脊和大气活动中心等,构成了全球大气运行的基本形势。它们之间既相互联系、又相互制约,其中西风带中的大型扰动是它们相互作用的纽带。大气环流既具有稳定、平衡的特征,又是发展变化的。高空不同尺度的扰动,低空气旋、反气旋和锋系的发生、发展和移动,形成了大气环流的逐日变化。经向环流型和纬向环流型的交替更迭,显现出大气环流的几天到几十天不等的周期性变化。不同季节的基本风带、经圈环流、平均槽脊和活动中心地理位置、范围、强度的差异,表现为大气环流的季节性变化。有的年份大气环流出现与多年平均状态明显差异的情况,称该年的大气环流异常。大气环流一些最基本的性状,经过多年之后也会发生缓慢的变异,形成大气环流的气候变化。大气环流性状的这些变化,短期的影响日常天气变化,常年的影响季节更迭,多年的影响气候变迁。

(张国杰)

daqi tuanliu

大气湍流 (atmospheric turbulence)

空气质点或团块的一种不规则的、随机变化的运动状态。亦称“大气乱流”。是大气中一种重要的气流运动形式。多由一系列大小不一的涡旋运动组成,对于大气层特别是边界层内各种物理量传输,陆面和洋面的蒸发,气温的日变化,气团变性等有重要的影响。

雷诺实验证实,对于粘性流体,湍流的产生取决于流场的雷诺数 $Re=ul/\gamma$,式中 u 为流体运动的特征速度,l 为特征长度,γ 为流体的粘滞系数。当雷诺数大到一定数值时,才能产生湍流。大气粘性比较小,特征长度比较大,只要具有一定的风速,产生湍流的必要条件即可满足。大气湍流的发生还须具备一定的动力和热力条件。风速的垂直切变是湍流发展的重要动力条件,温度分布不均是湍流发展的重要热力条件。在实际大气中,湍流的形成和发展往往是这两种因素共同作用的结果,有时以动力原因为主,有时以热力原因为主。二者综合影响的结果可以用理查孙数 Ri 来表示,即:

$$Ri=\frac{g}{T}\frac{\gamma_d-\gamma}{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2}$$

式中,g 为重力加速度,T 为气层的平均温度,γ_d 和 γ 分别为干绝热直减率和气温直减率,$\partial u/\partial z$ 为风速的垂直梯度。当 $Ri<0$,湍流发展;$Ri>0$,湍流受到抑制;当 Ri 超过某个临界值($Ri_c\approx0.25\sim1$ 之间)时,湍流将完全受到抑制。$Ri\approx0$ 时,大气为中性稳定,此时湍流得到发展或受到抑制,还要考虑其他物理因子后才能断定。

大气湍流对航空活动有重要影响。飞机在大气湍流区中飞行,其稳定性和操纵性变差,产生颠簸,使人员感到不适,难以执行空中加油、侦察、照相、投弹、射击等任务,严重时会使飞机受损,

湍流强度等级表

等级		加速表指示（g）	乘员感觉程度
无	0	1.0	感觉不到任何颠簸
弱	1	1.1～0.9	稍有颠簸，容易修正
	2	1.3～0.7	稍有颠簸，但腰部尚不致浮起
中	3	1.6～0.4	有相当的颠簸，腰部浮起
强	4	1.9～0.1	颠簸较大，身体上浮，操纵困难
	5	2.2～-0.1	颠簸十分强烈，操纵十分困难

甚至导致飞机解体。1958年10月，一架图－104喷气飞机在莫斯科附近约9千米高空遭遇强烈的晴空湍流，因机翼折断而造成机毁人亡的事故。国际民航组织按照大气湍流对飞行的影响程度，规定了湍流强度等级(见表)。

大气湍流的频谱十分宽广，小湍涡的尺度仅有厘米量级，大者可达数百千米。引起飞机颠簸的大气湍流主要有：①动力湍流，空气流过起伏地形等障碍物时产生的湍流。其强度取决于地形起伏、风速和大气稳定度。地形起伏度和风速越大，气层越不稳定，动力湍流就越强。动力湍流多出现在离地面1～2千米以下的边界层中。在丘陵或山地飞行时，往往遇到较强的湍流，对飞机(尤其是轻型飞机)的起飞、降落有较大影响。②热力湍流，由于空气热力原因形成的湍流。不同性质的下垫面在阳光照射下其增温速度不同，使得热力湍流的分布极不均匀，通常根据积状云的演变，可以较好地估计出热力湍流的变化。对流云中，湍流的强度在云的中部和中上部达到最强，湍流区的水平范围一般比云体大1～2倍。热力湍流还与大气稳定度有关，大气越不稳定，它发展得越快、越强。③风切变引起的湍流，由于风的切变使气层发生不稳定，导致小尺度波状起伏而形成的湍流。风切变越大，湍流越强。在急流附近，湍流的发生率高于其他区域。特别是在极地对流层顶与副热带对流层顶断开的地方，湍流发生率较高。通常，在垂直风切变每100米达到1～2米/秒，水平风切变100千米达到5～6米/秒的区域，常有晴空湍流发生。晴空湍流与对流云无关，多出现在6～15千米高空，以10千米高度附近最多。湍流区的水平宽度约为几千米到几十千米，厚度多在几十米到几百米之间。出现时，湍流区与无湍流区往往有明显的边界，飞机一旦进入湍流区，会突然产生颠簸。低空风切变引起的湍流，由于发生在近地面1千米高度以下，对于起飞或着陆过程中的飞机具有很大的危险性。④尾涡湍流，飞机飞行时，在它后面一个狭长的尾流区里产生的湍流。当后机进入前机的尾流区时，会出现飞机抖动、下沉、发动机停车甚至翻转等现象。小型飞机尾随大型飞机起飞或着陆时，若进入前机尾流中，处置不当还会发生事故。（张国杰）

daqi dianchang

大气电场 (atmospheric electric field)

存在于大气中而与带电物质产生电力相互作用的物理场。通常地面带负电荷，大气带正电荷，电场强度的方向，由大气指向地面。电场强度的大小随时间、地点、天气状况和离地面的高度而变。按天气状况的不同可分为晴天电场和扰动天气电场。

晴天电场是晴天无云条件下，在地表和电离层两个良导电面之间形成的大气电场。是大气电场的正常状态，常作为参考电场。电场强度随纬度的升高而增大，称为纬度效应。就全球平均而言，电场强度在近地面附近约120伏/米；在洋面附近约为130伏/米；在污染严重地区可达300～400伏/米。在对流层中电场强度随高度的升高按指数律减小。晴天电场还具有日和年两种周期性变化。在海洋和两极地区，电场强度的日变化，在世界时19时和04时左右分别出现极大值和极小值，呈现一峰一谷的简单波状，振幅约达平均值的20%。在陆地，大多数观测站的观测结果与海洋和两极地区有所不同，电场强度的日变化与地方时有密切关系，通常存在两个起伏，地方时04～06时和12～16时出现极小值，07～10时和19～21时出现极大值，振幅约为平均值的50%。这种变化，与近地面层气溶胶粒子的日变化密切相关。电场强度的年变化，海洋上不明显；而南北半球的陆地测站，在当地冬季出现极大值，夏季出现极小值。

扰动天气电场是出现云、雾、降水等天气现象时的大气电场。电场强度与天气现象的强度和变化密切相关。高云对大气电场的影响不大，低云、雾和霾可使大气低层电场强度增加到数百伏每米，稳定降水可使其增大到数百至数千伏每米，而当雷暴、沙尘暴等激烈天气现象出现时，常使大气电场的强度和方向发生剧烈而不规则的变化，雷暴云中及其下方的电场强度可达数万至数十万伏每米。当局地电场强度超过一定数值时，就会产生闪电现象。

全球大气的电平衡状态，是在大气电场的作用下，通过地球和大气之间的电荷交换完成的。其中，雷暴活动对大气电平衡的维持起着重要作用，传导电流、降水电流、尖端放电和闪电是地气之间电荷交换的主要方式。就全球长年平均而言，晴天传导电流和降水电流使地球获得的正电荷，恰好等于雷暴闪电和尖端放电电流使地球失去的正电荷。

大气电场对军事航空活动有重要影响。飞行器进入雷暴云中，在电场作用下，常因强烈起电和电晕放电引起闪电，称为诱发闪电。空中飞行一旦遭到电击，无线电通信和电子设备会受到严重干扰和破坏，严重时会导致飞行事故。雷电对导弹、火箭的顺利发射也构成严重威胁。为保证飞行和发射安全，人们根据雷电的各种特征，尤其是电磁辐射特征，已经研制出雷电探测和定位的方法和设备。同时，人工消除或诱发闪电的研究也取得了进展。如采用向云中散发椭圆形细长导体等方法，主动诱发云中闪电。（张国杰）

youfa shandian

诱发闪电 (induced lightning) 见大气电场。

qixiang yaosu

气象要素 (meteorological elements)

表征和反映大气状态的物理量与天气现象。主要有：气温、气压、湿度、风速、风向、能见度等物理量；日照、辐射、蒸发、凝结、升华和凝华等物理现象；云、降水、雷暴、雾、沙尘、龙卷以及大气中光、电等各种天气现象；还包括有关物理量的导出量，如大气密度等。气象要素观测数据是制作天气预报，进行气候分析和科学研究，遂行空军气象保障的基础资料。观测方法有器测和目测两种，大部分气象要素可以用仪器测量，云量、云状及部分天气现象以目测为主。气象要素随时间和空间而变化，因地理位置和地形特点不同，以及在不同天气系统影响

下，气象要素的量值和分布有很大差异。对军事行动的具体影响，因各军种、兵种的技术装备和战斗活动特点而有所不同。

空军气象台站观测的气象要素主要有：气温、湿度、气压、风、云、能见度，以及降水、雾、雷暴、沙尘等基本气象要素。而对表征大气中受热过程的日照、辐射，以及表征大气中水的相变过程的蒸发、凝结、升华、凝华等物理现象和物理过程不进行观测，但它们在反映大气状态和天气变化中具有重要影响。

辐射　物体以波的形式向外传递能量的方式。气象上的辐射主要包括：太阳辐射、天空辐射、地表辐射、大气辐射和太阳总辐射(到达地面的太阳直接辐射和散射之和)。太阳辐射为短波辐射，地表辐射和大气辐射为长波辐射。太阳辐射是地面和大气最主要的能量来源，大气中各种物理过程和现象的产生、发展都和太阳辐射有关。辐射强度以单位面积上单位时间内接收、通过和放射的辐射能的大小来表示，单位为焦／米^2·秒。在地面气象观测中，通常测量的是太阳总辐射。总辐射的强弱主要随太阳高度角而变化。测量仪器有绝对日射表、天空辐射表、直接日射表和净辐射仪等。

日照　表示太阳照射时间的量。有可照时间和实照时间两种，分别以可照时数和实照时数表示，均以小时为单位。一天内从日出到日没的时间为可照时数，由该地的纬度和日期决定。实照时数(即日照时数)是太阳光线不受地物障碍及云、雾、烟、尘遮蔽时直接照射地面的时间，可用日照计测定。实照时数与可照时数的百分比称为日照百分率，可用来比较不同季节不同纬度的日照情况。测定日照的仪器有暗筒式、聚焦式和光电式日照计。

蒸发　液体表面的气化现象。气象上指水由液态变成气态的过程。在一定时段内，水由液态变成气态的量称为蒸发量，常用蒸发掉的水层深度表示，以毫米为单位。蒸发量可用蒸发皿进行观测。通常情况下，温度越高、湿度越小、风速越大或气压越低时，蒸发越快。

凝结　水汽变成液态水的过程。空气中的水汽含量达到饱和状态后，水汽进一步增加或气温继续降低都会使空气中的水汽变成液态水。云滴、雾滴和露都是水汽凝结物。水汽凝结时释放潜热。发生在大气中的水汽凝结，通常以细微的尘埃、盐粒等作为凝结核。

升华　由冰直接转化为水汽的过程。升华只发生在冰的表面上。升华时吸收热量。

凝华　水汽直接变为冰的过程。霜是水汽在地表面或物体上的凝华物。凝华时释放热量。水汽发生凝华需有凝华核存在。（李锡元）

qiya

气压　(air pressure)　单位面积上承受空气分子运动所产生的压力。大气压强的简称。主要气象要素之一，也是引起天气变化的基本因素之一。在静力平衡的大气中，某一高度上的气压等于该高度单位面积上所承受的垂直空气柱的重量，其大小与所在高度和大气温度、密度等有关。气象上常用的气压计量单位是百帕(hPa)，1百帕＝100牛／米^2。曾用毫巴(mb)和毫米汞柱(mmHg)作为气压计量单位。1979年世界气象组织决定采用百帕作为气压基本单位，从1982年1月起执行。中国自1986年1月1日起也采用百帕作为气压标准计量单位。它们之间的换算关系为：1百帕＝1毫巴≈3/4毫米汞柱。

气压一般随高度的增高按指数律递减，对流层内变化幅度大，对流层以上变化缓慢。在水平方向上，气压分布的不均匀，构成了不同的水平气压场。气压有周期和非周期性变化，周期性变化表现为周期性日变化和年变化，非周期性变化主要是由大气环流和天气系统移动引起的。在纬度为45°、重力加速度为9.80665米／秒^2、海平面温度为15℃、空气密度为1.225千克／米^{3}的气压为标准气压，其值为1 013.25百帕(760毫米汞柱)。

测量气压常用的仪器有水银气压表、空盒气压表、气压计和振筒式气压仪等。在航空气象保障中经常用到的气压参量有：本站气压、海平面气压、场面气压、假定零点高度、气压高度表拨正值。其中：①本站气压。气象台水银气压表上的读数，经过器差、温度差和重力差(纬度、高度)订正后称为本站气压，实际上是气象台水银气压表槽部水银面高度上的气压。从2000年1月1日起，空军机场气象台本站气压直接从振筒式气压仪或空盒气压表读取。②海平面气压。用本站气压推算出来的海平面高度上的气压称为本站的海平面气压，即本站气压加上相当于单位面积上测站海拔高度的气柱重量。海平面气压通常在980～1 040百帕之间变化。为分析气压的水平分布，通常将海拔高度小于或等于1.5千米的各测站同一时刻的海平面气压填写在地面天气图上，绘制等压线，分析天气变化情况。（宁应惠）

benzhan qiya

本站气压　(station pressure)　见气压。

haipingmian qiya

海平面气压　(sea-level air pressure)　见气压。

changmian qiya

场面气压　(airdrome air pressure)　通常是指离机场跑道面3米(或标定)高度上的气压。这个高度和飞机座舱内的高度表的高度近似。《国际民用航空公约》中规定场面气压为：飞机着陆地区(跑道入口端)最高点处的气压，通常可用机场标高处的气压代替。场面气压一般不直接测量，而是用本站气压经过计算得到的。场面气压(P_1)计算公式：

$$P_1=P_0+[h-(h'+3)]\times\alpha$$

式中P_0为本站气压；h为测站海拔高度；h'为跑道面海拔高度；α为单位高度气压差。

场面气压对保障飞行安全具有重要意义，它是调整飞机气压高度表的依据。计算准确与否，直接关系到飞行高度的准确性。飞行人员按照场面气压和标准海平面气压，进行零值高度气压拨正，调整飞机上的高度表刻度盘。起飞前，把高度指针调至零值刻度，刻度盘指针对准机场场面气压值，这样飞行中高度表表示的是相对于起飞机场的高度；航行中，要按标准海平面气压调整高度表，此时零值高度气压取1 013.25百帕(760毫米汞柱)，高度表表示的是相对平均海平面的高度；降落前，再按着陆机场场面气压值重新调整高度表。（宁应惠）

qiwen

气温　(air temperature)　大气的温度。表征大气冷热程度的物理量。是空气分子平均动能大小的表现。通常，在对流层中气温是随高度的增加而递减的。它与天气的变化密切相关，是季节更替的主要标志之一。气温有明显的以日为周期

的变化，这种变化离地面愈近愈明显。气温日变化的大小，可用一日之中最高和最低气温的差值表示，即气温的日较差。国际上通用的温标有3种：摄氏温标t(℃)、华氏温标f(°F)和绝对温标即开氏温标T(K)。三者间的换算关系是：

$$t=\frac{5}{9}(f-32)$$

$$t=T-273.15$$

摄氏温标规定，在标准大气压下，纯水的冰点为0℃，沸点为100℃。气象上测定气温常用水银温度表、酒精温度表和铂丝温度计等。气象台观测和报告的气温是用观测场百叶箱内离地面1.5米高度处干球温度表测定的。气温对飞机空气动力性能有重要影响。相对于标准大气而言，当气温高于标准大气温度时，大气密度变小，飞机的升力也小，从而使飞机载重量减小；当气温低于标准大气温度时，可以使飞机载重量增加。在航行过程中，当飞机平飞保持推力不变的情况下，若气温降低，飞机小时燃料消耗量随之减少，使续航时间增长；若气温升高，则续航时间缩短。此外，气温也会影响飞机的升限，气温升高，实际升限降低。 （李有来）

shidu

湿度 (humidity) 表征空气中水汽含量多少或干湿程度的物理量。水汽是大气中最活跃的成分。当大气湿度达到并略微超过饱和值时，即可出现云、雾、露、霜等凝结或凝华现象。湿度是主要的大气参数之一。表示湿度的参量有：水汽压、绝对湿度、相对湿度、混合比、比湿、露点温度等。

水汽压(e) 大气中水汽的分压。是气压的一部分，单位为百帕。饱和空气中的水汽压为饱和水汽压(E)，也是最大水汽压。饱和水汽压的大小与温度有直接关系，温度愈高，饱和水汽压值愈大。在0℃以下时，冰面的饱和水汽压比同温度下的过冷水面的饱和水汽压要小一些。

绝对湿度(a) 单位体积空气中所含水汽的质量，又称水汽密度。单位为克／米³。绝对湿度能直接表示出空气中水汽的绝对含量。空气中水汽含量愈多，绝对湿度愈大。绝对湿度和水汽压的关系为：$a=289\frac{e}{T}$（克／米³），式中T为气温。

相对湿度(f) 空气中实际水汽压与同温度下饱和水汽压的百分比，即$f=\frac{e}{E}\times 100\%$。相对湿度的大小直接反映空气距离饱和的程度。相对湿度愈大，空气愈接近饱和状态。饱和湿空气的相对湿度为100%。

混合比(γ) 湿空气中，水汽质量(m_v)与干空气质量(m_d)之比$\gamma=\frac{m_v}{m_d}$，单位为克／克或克／千克，即每1克（千克）干空气中混合了多少克水汽。混合比可用水汽压和气压（p）计算：

$$\gamma=0.622\frac{e}{p-e}\text{（克/克）或}$$

$$\gamma=622\frac{e}{p-e}\text{（克/千克）}$$

比湿（q） 湿空气中，水汽质量与该空气总质量（水汽质量+干空气质量）的比值$q=\frac{m_v}{m_v+m_d}$，单位为克／克或克／千克，即每1克（千克）湿空气中含有多少克水汽。比湿可用下式计算：

$$q=0.622\frac{e}{p}\text{（克/克）或}$$

$$q=622\frac{e}{p}\text{（克/千克）}$$

饱和湿空气的比湿称为饱和比湿。

露点温度(t_d) 简称露点。空气在气压和水汽不变的条件下因冷却而达到饱和时的温度。气压一定时，露点温度的高低只与空气中的水汽含量有关，水汽含量愈多，露点温度愈高。气温与露点温度的差值反映相对湿度的大小，差值愈小，相对湿度愈大；差值为0时，相对湿度为100%，空气达到饱和。

测量湿度的仪器有干湿球温度表、毛发湿度表、通风干湿表和湿敏传感器等。通常夏季绝对湿度大，冬季则相对湿度大。大气中的水汽主要来自江、河、湖、海等水面的蒸发和植被的散发，在无云和气流稳定的天气条件下，湿度一般自沿海向内陆、自低空向高空递减。 （李有来）

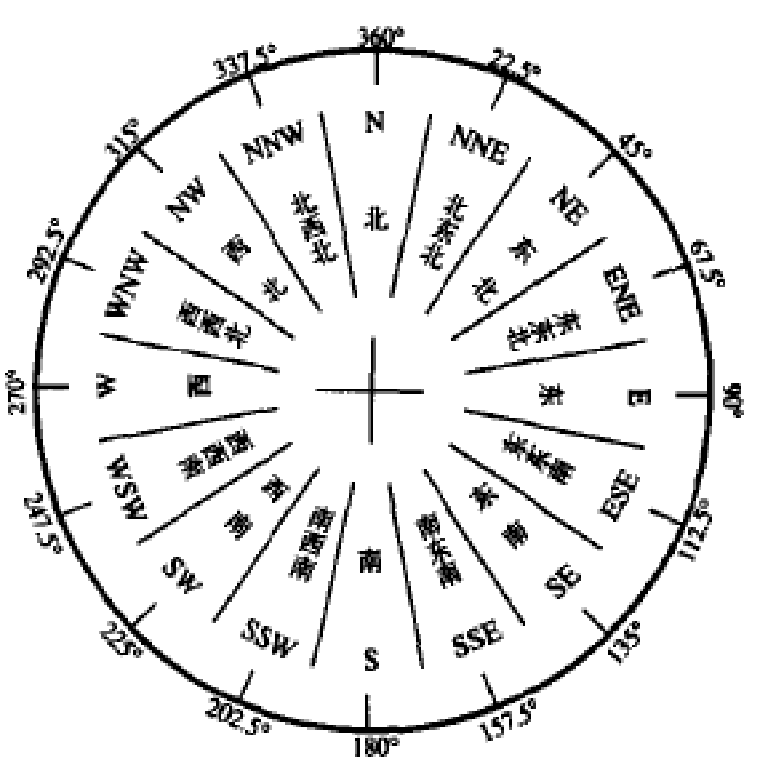
daqi midu

大气密度 (atmospheric density) 大气中单位体积含有的空气质量。又称空气密度。单位为千克／米³或克／厘米³。大气密度ρ是气压P和气温T的函数，在理想气体条件下，ρ = P/RT，式中R为空气的比气体常数，与空气中的水汽含量有关，对干燥空气而言，R=287.04焦／千克·度。大气密度通常是由气压、气温和湿度计算得出的，不直接测量。其数值与气压成正比，与气温和湿度成反比。大气密度是随高度的增高而迅速递减的。在标准状况下海平面高度的大气密度为1.2250千克／米³；6千米高度为0.6601千克／米³，约为海平面的一半；10千米高度为0.4135千克／米³，约为海平面的1/3。

大气密度对飞行器飞行有重要影响。大气密度小时，飞行器所受阻力减小，机动性能也相应降低。尤其是对喷气式飞机的起飞、着陆滑跑距离的影响更为明显。在其他因素不变时，大气密度小，起飞、着陆滑跑距离增长；大气密度大，起飞、着陆滑跑距离缩短。例如，在位于海拔1 000米高度的机场上，喷气式飞机的起飞滑跑距离，要比标准大气条件下海平面高度的起飞滑跑距离增大33%。这就是高原机场跑道比一般机场跑道长的原因。此外，大气密度及其分布会影响各种波（含可见光）在大气中的传播，使声波、光波、电磁波在大气中发生折射，改变其传播方向。 （张国杰）

feng

风 (wind) 空气相对于地球表面的运动。通常指空气的水平运动。是由于大气温度有差异引起的气压差造成的。风是一个矢量，用风向和风速表示。气象中的风向是指风的来向，地面一般用16或36个方位（见图）表示；空中用0°～360°表示。实际测风报告中还经常用0°～360°范围内的数字表示风向，记录时，地面风以10°为单位，按36方位度数表示，00表示北，09为东，18为南，27为西。炮兵射击时计算的风向多用密位表示，1密位=0.06°，360°=6 000密位。风速是指单位时间内空气移动的水平距离，以米／秒、千米／时、



风向十六方位图

海里／时表示。其间的换算关系为：

1米／秒=3.6千米／时=1.944海里／时

1千米／时=0.540海里／时=0.278米／秒

1海里／时=1.852千米／时=0.514米／秒

地面风的观测通常使用仪器测定，常用的有电传式测风仪、磁感式轻便测风仪等。空军气象台站测定的地面风是离平坦地面10米高风标处的风。在野外观测时，是开阔处略高于观测员头部用手持风向风速仪测定的风。一般风向、风速都是取2分钟的平均值，有时也测瞬时风速(阵风)。在机场目测地面风时，可用设置在固定塔台上或其附近空旷醒目地方的风袋，估计风向和风速，也可根据风力等级表中各级风的特征，估计出相应的风速。空中风的观测通常利用光学、雷达、无线电等方法追踪气球或所带仪器的飘移轨迹测定，也可以根据连续的卫星云图上云团的移动推导计算空中风。飞机在空中飞行时，空中领航员可通过计算偏流测出空中风向、风速。

在太阳辐射和地球自转等的共同作用下，地球上形成了一些扩展范围很大并具有半永久性风向的风，即盛行风带。它们分别以风吹来的方向命名，如极地东风带，中纬西风带，低纬东北信风带和东南信风带。赤道无风带是因赤道附近风力微弱、风向零乱而得名。随季节显著变化的盛行风属于季风风系，如副热带季风，印度季风等。具有地方性特点的局部地区的风，称地方性风，如受海陆分布或地形影响形成的海陆风和山谷风、焚风、布拉风等。风的变化对天气的变化有重要的指示作用。空气运动除了相对于地球表面的水平分量(即风)外，还有垂直分量，称为垂直气流。空气运动的垂直分量通常比其水平分量小1～2个数量级，但对天气变化有重要作用，是形成云、雨的基本条件。在特殊情况下，例如出现雷暴等强对流天气时，可能存在与水平分量同量级的强烈垂直气流。

风对飞行活动有广泛的影响。在飞机起降过程中，逆风能使飞机的离地速度或着陆速度减小，从而缩短起飞或着陆滑跑距离；顺风时则增长滑跑距离，加大起飞或着陆的难度。飞机在有较大侧风时起飞或着陆，会使操纵变得相当复杂。在侧风中滑跑时，由于飞机两翼所受风的作用力不相同，使飞机产生一个倾斜力矩，同时，由于侧风压力中心与飞机重心不重合，还会使飞机产生一个向逆风方向旋转的转弯力矩，增加了操纵的困难。飞机在空中飞行，与无风比较，顺风飞行可以使航程增大，逆风飞行使航程缩短。为了节省燃料，增大飞机的活动半径，应尽量选择有顺风或顺侧风的高度飞行。风对于轰炸、空投的准确性有直接影响。当地面风速过大时，会影响空降兵着陆的安全。火炮射击，发射火箭，计划航渡和舰艇作战行动，计算工程设施，判断放射性沾染情况等，都必须考虑风的影响。 （李有来）

fengxiang

风向 (wind direction) 见风。

fengsu

风速 (wind speed) 见风。

fengji

风级 (wind force scale) 根据风对地面或海面物体影响程度而定的风力等级。可用以估计风力或风速的大小。最早的风力等级是由英国人蒲福(Francis Beaufort，1774～1857)于1805年拟定的，故又称“蒲

风力等级表

风等力级	名称	海风面浪	海面浪高（米）		海面和渔船征象	陆地地物征象	相当风速			
							米／秒		千米／时	海里／时
			一般	最高			范围	中数		
0	无风	平稳	–	–	海面平静	静，烟直上	0.0～0.2	0.1	小于1	小于1
1	软风	涟漪	0.1	0.1	寻常渔船略觉摇动	烟能表示风向	0.3～1.5	0.9	1～5	1～3
2	轻风	微波	0.2	0.3	渔船张帆时，每小时可随风移行2～3千米	人面感觉有风，树叶有微响	1.6～3.3	2.5	6～11	4～6
3	微风		0.6	1.0	渔船渐觉簸动，每小时可随风移行5～6千米	树叶及微枝摇动不息，旌旗展开	3.4～5.4	4.4	12～19	7～10
4	和风	轻波	1.0	1.5	渔船满帆时，可使船身倾于一方	能吹起地面灰尘和纸张，树的小枝摇动	5.5～7.9	6.7	20～28	11～16
5	清劲风	中波	2.0	2.5	渔船缩帆(即收去帆之一部)	有叶的小树摇摆，内陆的水面有小波	8.0～10.7	9.4	29～38	17～21
6	强风	大浪	3.0	4.0	渔船加倍缩帆，捕鱼须注意风险	大树枝摇动，电线呼呼有声，张伞困难	10.8～13.8	12.3	39～49	22～27
7	疾风	巨浪	4.0	5.5	渔船停息港中，在海者下锚	全树摇动，大树枝弯下来，迎风步行感觉不便	13.9～17.1	15.5	50～61	28～33
8	大风	猛浪	5.5	7.5	渔船返港停留不出	可折坏树枝，迎风步行感觉阻力甚大	17.2～20.7	19.0	62～74	34～40
9	烈风		7.0	10.0	汽船航行困难	烟囱及平房屋顶受到损坏，小屋遭受破坏	20.8～24.4	22.6	75～88	41～47
10	狂风	狂浪	9.0	12.5	汽船航行颇危险	陆上少见，见时可使树木拔起，或将建筑物吹坏	24.5～28.4	26.5	89～102	48～55
11	暴风	暴涛	11.5	16.0	汽船遇之极危险	陆上很少，有则必有重大损毁	28.5～32.6	30.6	103～117	56～63
12	飓风		14.0	–	海浪滔天	陆上绝少，其摧毁力极大	32.7～36.9	34.8	118～133	64～71
13	–	–	–	–	–	–	37.0～41.4	39.2	134～149	72～80
14	–	–	–	–	–	–	41.5～46.1	43.8	150～166	81～89
15	–	–	–	–	–	–	46.2～50.9	48.6	167～183	90～99
16	–	–	–	–	–	–	51.0～56.0	53.5	184～201	100～108
17	–	–	–	–	–	–	56.1～61.2	58.7	202～220	109～118

福风级”。几经修改，成为0～12共13个等级。1946年以后，对风力等级又作了一些修改，并增加到18个等级(见表)。

（李有来）

kongzhongfeng

空中风 (upper wind) 近地面层以上的风。也称高空风。在摩擦层中(通常指1千米以下)，风随高度的变化，主要是由于摩擦力随高度的变化引起的，但有时水平温度梯度也起重要作用。一般情况下，风速随高度的增加而增大；风向则随高度的增加逐渐向右偏转(北半球)。在中纬度摩擦层以上的自由大气中，风接近地转风，风随高度的变化，主要是由于气温分布不均而造成水平温度梯度引起的，并与季节和地区有关。在东亚地区，冬季北纬20°以北的广大范围内，整个对流层盛行偏西风，风速随高度增加而增大，最大风速一般出现在对流层顶附近。夏季，东亚空中风的分布情况较复杂，在对流层中上层，北纬30°以北为偏西风，30°以南为偏东风(对流层下层为西南风)。空中风的水平和垂直分布及其变化，对飞机飞行、空中投弹、空降(空投)、地空导弹发射和高炮射击都有重要影响，采取各种手段及时获取飞行区域和战区的空中风资料，是空军气象保障的重要内容之一。

（李洪勳）

gaokongfeng

高空风 (upper wind) 见空中风。

hechengfeng

合成风 (resultant wind) 在某一厚度的气层中同一时次观测的不同高度的风经矢量合成后求得的平均风。亦称厚度合成风或垂直合成风。矢量合成时，先将各实测风分解为经向和纬向分量，然后，分别求得其平均值，再按矢量加法确定合成风的风向、风速。根据合成风可以推测出通过该气层的匀速上升或下降运动的物体与运动起点的水平位移。通常用于计算空投、伞降的修正量，或用于放射性物质的沉降预报。

（李洪勳）

hangxingfeng

航行风 (navigation wind) 飞行领航计算中采用的风。是以磁经线作为计算基准的一种风。为了便于与飞机运动速度合成计算，确定以风的去向为风向，与气象学中的风向相差180°。风速单位通常用千米/时。

（李洪勳）

hangxianfeng

航线风 (air route wind) 飞机沿整个航线或某一段航线的指定高度上的风。空中风随时间、空间的分布变化较大，飞机在高空飞行时，会明显影响飞行的航向及地速。为缩短飞行时间和节约燃油，在制定长途飞行计划时，可根据空中风和气温的预报资料选择最佳航线和最佳的飞行高度。在有空军航管气象情报综合处理交互设备的航行管制中心，可将同级气象中心提供的规定高度层的航线风和气温的预报，自动输入航管计算机，指挥空中飞行。

（李洪勳）

yun

云 (cloud) 由大量微小水滴、冰晶或两者混合组成的飘浮在空中可见的聚合体。底部不接触地面。是大气中水汽凝结或凝华的产物。云的外形千姿百态，其形态、变化和运动，常反映大气的结构和天气演变。是重要的气象要素，人们常利用它预报天气变化。

云的分类表

云族	云属 学名	云属 简写	云类 学名	云类 简写
高云	卷云	Ci	毛卷云	Ci fil
			密卷云	Ci dens
			伪卷云	Ci not
			钩卷云	Ci unc
	卷积云	Cc	卷积云	Cc
	卷层云	Cs	毛卷层云	Cs fil
			匀卷层云	Cs nebu
中云	高积云	Ac	透光高积云	Ac tra
			蔽光高积云	Ac op
			荚状高积云	Ac lent
			积云性高积云	Ac cug
			絮状高积云	Ac flo
			堡状高积云	Ac cast
	高层云	As	透光高层云	As tra
			蔽光高层云	As op
低云	雨层云	Ns	雨层云	Ns
			碎雨云	Fn
	层积云	Sc	透光层积云	Sc tra
			蔽光层积云	Sc op
			荚状层积云	Sc lent
			积云性层积云	Sc cug
			堡状层积云	Sc cast
	层云	St	层云	St
			碎层云	Fs
	积云	Cu	淡积云	Cu hum
			碎积云	Fc
			浓积云	Cu cong
	积雨云	Cb	秃积雨云	Cb calv
			鬃积雨云	Cb cap

分类 通常以世界气象组织1956年在国际云图中公布的分类体系为基础。在此基础上，中国气象局根据云的外貌、高度、排列情况、透光程度和演变情况等，将云分为3族、10属、29类。中国人民解放军空军也以此对云进行分类(见表)。中国民用航空总局将云分为3族、14类29种。

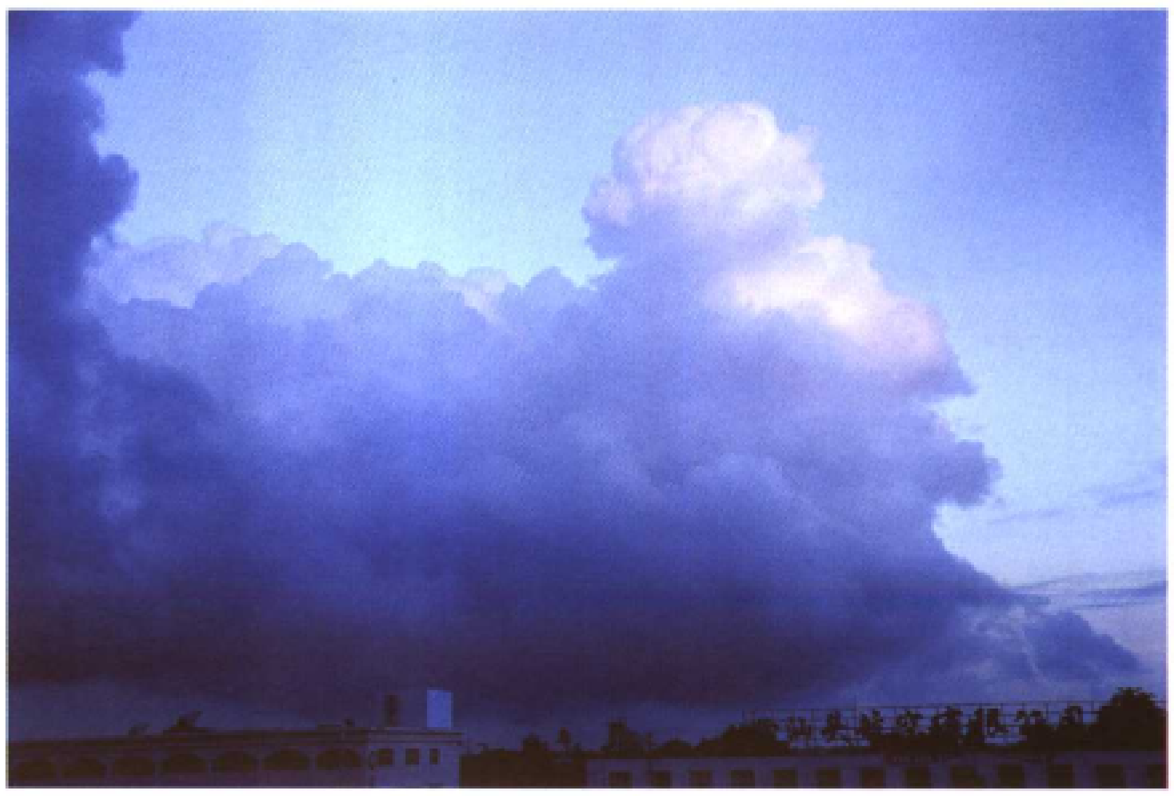
各种云常见的云底高度一般为：高云6 000米以上，中云2 500～6 000米，低云2 500米以下。根据云的物理特征，又可有其他分类方法：①根据云的微结构，可分为水云、冰云和混合云。由水滴(包括过冷水滴)组成的云称为水云，如夏季的积云、层积云、层云和高积云；由冰晶组成的云称为冰云，如卷云、卷积云、卷层云，冬季的高积云也可以是冰云；由水滴和冰晶组成的云称为混合云，如雨层云、积雨云，冬季的高层云。②根据云内的温度，可分为暖云和冷云。暖云的温度在0℃以上，由水滴组成；冷云的温度在0℃以下，由过冷水滴或冰晶单独组成，也可由两者共同组成。③根据云的动力特征，可分为积状云、层状云和波状云。积状云是由空气对流形成垂直发展的云，也称为对流云，如积云、积雨云。局地对流形成的积状云，常是孤立分散的，有明显的日变化。由锋面系统引起对流形成的积状云，则是沿锋线排列成一个狭长的对流云带，随锋面系统的增强或减弱而发展或消散。层状云是由大范围空气抬升形成的水平范围很广的均匀云层，如卷层云、高层云和雨层云。高层云和雨层云常可降间歇性或连续性雨或雪。波状云是由空气波状运动或乱流混合形成的云，云体呈波浪起伏状排列，如卷积云、高积云、层积云。大气中还有贝母云、夜光云等特殊的云。它们都出现于高纬度地区。贝母云(又称珠母云)，呈波状或荚状，薄而透明，有珍珠般的色泽，距地面20～30千米。夜光云，呈波状结构，云较薄，有银色光泽，出现在夜空，距

地面约85千米。

微物理特征　云滴极小，直径一般为1～100微米，肉眼很难看到，能长时间飘浮空中。云滴在云的中部最大，顶部和底部较小。浓积云、积雨云的云滴最大，高层云、层云的云滴最小。云滴浓度在水云和混合云中，一般为几十个／厘米^{3}至几百个／厘米^3，在冰云中数量要小得多，只有0.01～0.1个／厘米^3。云的含水量依云属而异，含水量的大小对降水的形成有重要意义。云的含水量一般为0.01～10克／米^3，积雨云含水量最大，平均为0.6～0.7克／米^3，积雨云的中(上)部最大可达20克／米^3。卷云、卷层云都是冰云，云滴浓度很小，含水量也小，约为0.01～0.1克／米^3。

观测　在气象观测中，空军通常测定云量、云状和云底高。云量指云遮蔽天空的成数。观测云量时，把天空分为10份(有的国家也分为8份，中国民航分为8份)，云遮蔽了几份，云量就是几成。如云布满天空，云量为10；云遮蔽天空2/10，云量为2；碧空无云，云量为0。云量观测一般用目测确定。云量又分总云量、低云量和分云量。总云量是指天空被所有的云遮蔽的总成数；低云量是指天空被低云遮蔽的成数；分云量通常是指某一属类云遮蔽天空的成数。空军观测总云量、分云量和积雨云的单独分云量。云状是指云的外形特征。观测时根据云的分类表、标准云图及有关特征的规定判定。云底高是指云底距地面(机场跑道)的垂直距离，单位为米。云底高的测定方法有目测和器测两种。目测是根据云的特征、结构、色彩等，参考常见


层积云


浓积云


密卷云


高积云

云高范围和已知高度的固定目标物等估计云高。器测是使用仪器测定云高。常用的有气球、云幕灯、激光测云仪、雷达、飞机等。另外，通过气象卫星可获得大范围云的分布状况，用天气雷达可探测对流云的发展变化，如垂直高度、厚度、水平范围、移向、移速等，用气象侦察飞机可获得云的含水量、云滴谱等微结构变化等。

对军事航空活动的影响　云对航空兵活动有直接的重要的影响，云底高是制定飞行气象条件和机场允许飞行最低气象条件的依据之一。低云对飞机起飞、着陆影响很大。云有时伴有降水等天气现象，影响飞行。云中飞行有时会发生飞机颠簸，积雨云中颠簸最强，瞬间可使飞行高度升降几十米至几百米，特别严重时，飞机的结构会遭破坏。在过冷水滴云中和混合云中飞行，都有可能产生飞机积冰，强积冰会严重威胁飞行安全。云中飞行能见度差，难以看清天地线，明暗不一，有时会产生倒飞、有俯仰角、带坡度等错觉，处置不当，有可能发生严重事故。云对编队飞行、空中侦察和射击、轰炸等都有一定的影响。云对飞行活动也有有利的一面，在作战中可利用云层作隐蔽飞行，对敌实施突击。在云中和云上可进行复杂天气条件的飞行训练，以提高战斗力。云对地空导弹发射、高射炮兵射击和空降兵的空降等也有很大影响。

(吴复初)

yunzhuang

云状　(cloud form)　见云。

yunliang

云量 (cloud amount) 见云。

yungao

云高 (cloud height) 见云。

nengjiandu

能见度 (visibility) 以人的正常视力能将一定大小的目标物(或灯光)从背景中识别出来的最大距离。以米或千米为单位。分为地面能见度(又称气象能见度)和空中能见度(又称飞行能见度)。

影响能见度的因子，在昼间主要有大气透明度、目标与背景之间的亮度对比和人眼的对比感阈3个因子。①大气透明度。大气透明度好，目标物的能见距离就大，反之，目标物的能见距离就小。大气透明度的好坏与空气中水汽、臭氧和悬浮物的含量多少有关，当出现雾、霾、风沙、浮尘和降水等天气现象时，大气透明度就较差。②目标物与背景之间的亮度对比。亮度对比是观察者所感受到的背景亮度和目标物亮度之间差值与背景亮度之比。在白昼，如以目标亮度为B_o，背景亮度为B_b，亮度对比为K，则$K=\left|\frac{B_b-B_o}{B_b}\right|$，$B_b\neq0$。亮度对比值K总在0~1之间变化。当K=0，目标物则看不到了；当K=1，目标物最清楚。亮度对比的大小取决于目标物和背景在照度和反射能力上的差异，差异越大，亮度对比越大。在同样的大气透明度条件下，目标物与背景的亮度对比越大，目标物的能见距离也大。以天空为背景时，目标物的亮度小于背景亮度，目标物越暗，越容易辨认。③人眼的对比感阈。人眼看清目标物的亮度对比最小值，称为对比感阈。对比感阈的大小与观察者的视力、照度和目标物视角大小有关。正常视力的人，对于视角大于20′的目标物，在白天正常照度下的对比感阈平均值为0.05。在黄昏、拂晓和夜间，由于自然光照度减小，背景的亮度也减小，人眼的对比感阈变得很大，暗夜可达0.5以上，很多昼间可见的目标物夜间就看不见了。夜间观测能见度用灯光目标。灯光的能见距离，是观测者能看清一定强度灯光的最大距离。灯光能见距离越大，能见度越好。夜间能见度的好坏决定于大气透明度、灯光强度和人眼的夜间视觉感阈3个因子。大气透明度好，灯光的能见距离就大；大气透明度差，灯光的能见距离就小。在同样的大气透明度条件下，灯光强，能见距离就大；灯光弱，能见距离就小。人眼的夜间视觉感阈，与人眼对黑暗的适应程度有关，由明亮处进入黑暗处，人眼需经15~20分钟的适应，才能达到正常的夜间视觉阈值。视觉阈值小，灯光的能见距离就大；视觉阈值大，灯光的能见距离就小。

地面能见度　指地面上沿水平方向的能见度。空军气象台站地面能见度的观测内容，通常包括有效能见度和最小能见度。配有跑道视程观测设备的气象台，还按有关规定观测跑道视程。有效能见度是指四周视野内一半以上的方向都能见到的最大距离。最小能见度是指四周视野内能见到的最小距离，只在某个方向能见度小于4千米时才进行观测。跑道视程是指视力正常的飞行员在飞机着陆接地时能辨清跑道或灯光等跑道标志物的最大距离。中国、日本、美国、加拿大等国家气象观测测定的能见度为有效能见度，欧洲一些国家航空气象观测采用最小能见度。

空中能见度　在空中观察目标的最大能见距离。根据观察方向的不同，空中能见度可分为水平能见度、垂直能见度和倾斜(斜视)能见度。测定空中能见度比测定地面能见度困难，其原因是：①空中观察者通常在飞机等飞行器内隔着座舱玻璃观察，由于飞行器与目标处在相对运动的状态，加上玻璃对光线的影响，能见距离往往偏小。②目标物的背景比较复杂，观察到的目标物能见距离因背景的不同而有较大差异。③飞行器在空中不停地运动，观察者视线受云、霾、浮尘等影响，使目标物忽隐忽现，不易观察，能见距离变化较大。④空中缺少已知距离的目标物作参考，能见距离难以确定。在地面观测垂直能见度，由于空中无固定目标物，也无专门的观测仪器，只凭看天空、太阳的颜色和月亮、星星的亮度估计，难以测定具体数值，只能以好、中、差、劣来表示。在使用空中能见度数据时，应注意分析和修正。

能见度与航空活动的关系极为密切，是飞行气象条件和机场允许飞行最低气象条件中的重要气象要素。恶劣能见度不仅影响飞机的安全起降，还会影响空中照相、侦察、射击、空降等行动。在战时，可以利用恶劣能见度天气来迷惑敌人，隐蔽自己的军事行动。

(吴复初)

dimian nengjiandu

地面能见度 (surface visibility) 见能见度。

kongzhong nengjiandu

空中能见度 (flight visibility) 见能见度。

tianqi xianxiang

天气现象 (weather phenomena) 发生在空中和地面上的各种大气物理现象。在气象业务中，是指大气中发生的除云以外的各种物理现象。包括降水(雨、雪、冰雹等)、雾(浅雾、轻雾、雾)、风沙(扬沙、沙尘暴)、烟尘(烟、霾、浮尘)、雷电(雷暴、闪电)、风暴(大风、尘卷风、龙卷、飑)、吹雪、地面凝结(凝华)、冻结(露、霜、雾凇、雨凇、结冰等)和光(晕、华、虹霓)现象等。

天气现象反映一定的大气物理状态和天气过程。观测、记录天气现象，对制作天气预报，了解气候情况，保障飞行安全和工农业生产等具有重要意义。自古以来中国就有关于天气现象的记载，在公元前14世纪殷代的甲骨文中，就记载



虹和霓　周万萍摄

有风、雨、雪、雷电等天气现象。1975年世界气象组织出版的《云和天气现象观测手册》中，规定的天气现象共有61种。世界各国和各个不同的行业，根据各自的实际需要，规定了观测、记录天气现象的种类。中国《地面气象观测规范》规定观测、记录34种天气现象。中国人民解放军空军以此为基础，根据空军的需要，取消了露、雪暴、积雪、结冰和极光5项，增加了过冷却雨和毛毛雨、小冰雹、星状雪晶、浅雾，并把雾分为天空可见雾和天空不可见雾，把吹雪分为高吹雪和低吹雪，共观测、记录36种天气现象(见表)。

天气现象种类和符号表

类别	种别		符号	类别	种别		符号
降水现象	雨	间歇性	·	雾现象	雾	天空可见	≡
		连续性				天空不可见	≡
		阵性	$\dot{\triangledown}$		浅雾		≡
		过冷却	∾		轻雾		=
	毛毛雨	间歇性	,	风沙现象	扬沙		$
		连续性			沙尘暴		S̶
		过冷却	∾	烟尘现象	烟		Γ
	雪	间歇性	✳		霾		∞
		连续性			浮尘		S
		阵性	✳▽	雷电现象	雷暴		ꓘ
	雨夹雪	间歇性	✳·		闪电		<
		连续性		风暴现象	大风		⫽
		阵性	▽		飑		∀
	米雪		△		龙卷		)(
	雪丸		△		尘卷风		§
	冰雹		▲	吹雪现象	低吹雪		+
	小冰雹		△		高吹雪		+
	冰丸		△	地面冻结现象	霜		⊔
	冰针		↔		雾凇		∨
	星状雪晶		↔		雨凇		∾

1.测站无降水，而视界范围内的其他地区有降水，符号为(·)
2.测站无雾，而视界范围内的其他地区有雾，符号为(≡)
3.测站无沙尘暴，而视界范围内的其他地区有沙尘暴，符号为(S̶)

不同的天气现象对空军活动有不同的影响。准确预报、观测和记录天气现象出现的种类、时间、强度及其变化，对于保障空军顺利遂行各项任务具有重要的意义。（段应瑞）

jiangshui

降水 (precipitation) 从云、雾中降落到地面的液态或固态水。如雨、雪、冰雹等。从云中降落而在空中蒸发未到达地面的液态或固态水，称为雨幡或雪幡。降水不包括露、霜等地面水汽凝结物。

成因 暖云降水，主要是云中大小不同的云滴在下降或随气流运动时相互碰并，当云滴增大到一定程度时，从云中降落形成降雨。混合云降水，除大小云滴之间的碰并作用外，还在于水滴与冰晶之间有不同的饱和水汽压。在相同温度下，过冷水面的饱和水汽压比冰面的饱和水汽压大，当混合云中水汽压小于过冷水面的饱和水汽压而又大于冰面的饱和水汽压时，水滴就会蒸发减小，冰晶则凝华增大。当上升气流托不住时，就降落为雨或雪。降雨或降雪，主要取决于云中和云下的温度。冰雹的形成，除与温度有关外，还与云中升降气流的强弱有关。

分类 降水按上升气流特性，可分为对流性降水、系统性降水和地形性降水3类。对流性降水是对流云中的降水，开始和停止比较突然，强度变化比较大，发展强盛的积雨云可降冰雹；系统性降水是低压、锋面、切变线等天气系统的大范围层状云系降水；地形性降水是湿空气受地形(山脉)抬升所造成的降水。降水按强度变化和持续时间的不同可分为连续性降水、间歇性降水和阵性降水3类。连续性降水，持续时间长，强度变化小；间歇性降水，时降时停，强度时大时小，但是变化比较缓慢。连续性降水和间歇性降水通常都降自层状云；阵性降水，主要降自积状云，也称对流性降水。另外，天气学上还把降水过程分为气团降水、锋面降水和气旋降水3类。

量度 一定时段内液态或固态(经融化后)降水，未经蒸发、渗透、流失，在水平面上积聚的深度，称为降水量。以毫米为单位。用雨量器或雨量计测量。单位时间内的降水量称为降水强度，常用12小时或24小时内的降水量度量。按降水强度或降水时能见度的大小，通常将降水划分为若干等级(见表)。

降水等级表

等级	12小时雨量(毫米)	24小时雨量(毫米)	等级	下雪时有效能见度(千米)	24小时雪量(毫米)
小雨	<5.0	<10.0	小雪	≥1	<2.5
中雨	5.0～14.9	10.0～24.9	中雪	0.5～1	2.5～4.9
大雨	15.0～29.9	25.0～49.9	大雪	<0.5	5.0～9.9
暴雨	30.0～69.9	50.0～99.9	暴雪		≥10.0
大暴雨	70.0～140.0	100.0～250.0			
特大暴雨	>140.0	>250.0			

形态 液态降水有雨和毛毛雨，固态降水有雪、米雪、霰、冰雹、冰粒、冰针和星状雪晶等。雨是直径约0.5～6毫米的液态降水，可清楚看到雨滴降落的轨迹。小雨滴为球形，大的雨滴为扁球形。当雨滴下降经过0℃以下的空气层成为过冷水滴降落到地面时就出现冻雨。雨凇是冻雨落到温度在0℃以下的物体(如电线、树枝)表面，直接冻结成的透明或毛玻璃状冰层或冰挂(图1)。它坚硬、外表光滑。严重的雨凇能压断电线，影响兵器的使用。毛毛雨是直径为0.2～0.5毫米的液态降水。细密的雨滴均匀地飘浮在空中，不易分辨出其降落情况，能见度较差。雪是白色不透明固态降水，其基本形状为六角形，也有片状、星状、针状、柱状、枝状等多种形状(图2)。米雪是直径小于1毫米扁长颗粒状不透明的固态降水。呈白色或乳白色。着硬地时不反跳、不破碎。霰是颗粒直径为2～5毫米的圆锥形或球形固态降水，又称软雹或雪丸。呈白色或乳白色，不透明。降落在硬地上反跳，松脆易碎。冰雹简称雹，是球形、锥形或形状不规则的坚硬的固态降水(图3)。



图1 雨凇

其直径一般为5～50毫米，大的可达10厘米以上；直径小于5毫米的称为小冰雹。冰雹通常以霰、冰粒或冻滴为雹胚，雹胚外包有透明和不透明相间的冰层，一般有4～5层，最多的有20多层。冰雹个体越大，破坏力越大。冰粒又称冰丸，是直径小于5毫米的球状或不规则状、透明或半透明的固态降水，质地坚硬，不易破碎。冰针是严冬季节高纬度或高原地区浮游于空中或从空中降落的由水汽凝华的微小冰晶体，呈针状、片状或柱状。星状雪晶是直径通常在1毫米以下的白色薄而透明的水汽凝华物，呈六角辐辏状，常与雪花一起降落。

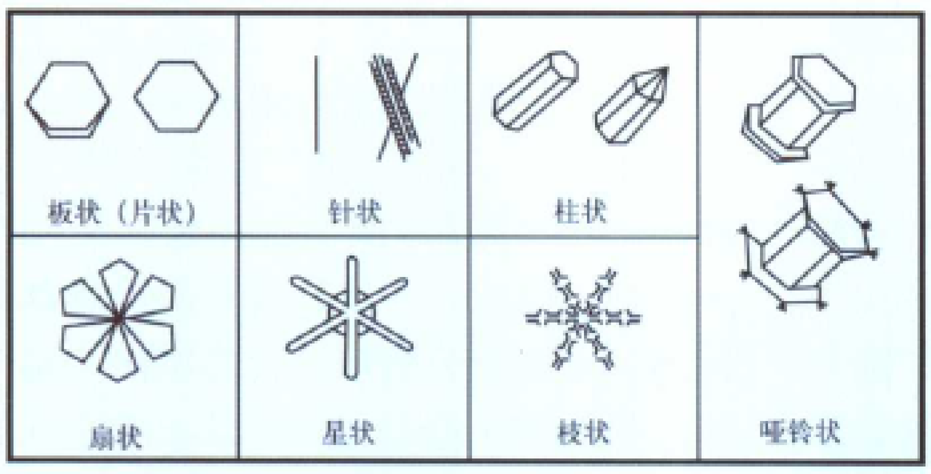


图2 雪花结晶基本形状示意图



图3 冰雹

对飞行的影响 降水不仅降低大气能见度，在降水区域飞行，座舱盖上的水流或粘附的雪花，还会影响飞行员的视线，飞行速度越大，这种影响越严重。在冻雨和冻毛毛雨区域飞行，会造成比云中飞行更为严重的飞机积冰。冰雹会对飞行中或停放在露天的飞机机身造成严重破坏；降水使跑道的摩擦力减小，增大飞机着陆时的滑跑距离；如果跑道局部积水或结冰，飞机的起落架轮胎可能受到不同的摩擦力，给保持滑行方向造成一定困难。 （段应瑞）

bingbao
冰雹 (hail) 见降水。

yusong
雨凇 (glaze) 见降水。

leibao
雷暴 (thunderstorm) 发展旺盛的积雨云所引起的伴有闪电、雷鸣的天气现象。是中小尺度强对流天气系统，属飞行危险天气。地面气象观测中记录的雷暴是以闻到雷声为准的。雷暴按形成的触发机制，可分为热力雷暴、地形雷暴和系统性雷暴（如锋面雷暴、低涡雷暴等）3类；按强度，可分为小（中常）雷暴和大雷暴。雷声大且连续成串，过顶时瞬时最大风速达到或超过17米/秒的为大雷暴，否则为小（中常）雷暴。大雷暴常伴有暴雨、冰雹或龙卷，以及气温、气压等气象要素的急剧变化。

产生雷暴的积雨云称雷暴云。雷暴云中的雷电，主要是由云中水滴、冰晶等在大气电场、上升气流和重力分离的作用下，发生碰撞、破碎、凇附（过冷水滴与冰相粒子相碰撞冻结的过程），使正负电荷分离形成的。当云内、云层间、云地间、云与空气间电位差增到足够大时，就会猛烈放电，形成闪电。在放电过程中，闪电通道中温度骤增，空气体积急剧膨胀，发出强烈爆炸声，即为雷鸣。雷暴一般由一个或若干个雷暴云单体组成，每个雷暴云单体的平均直径约8千米左右，其生命史较短，一般不超过2小时，也有的达数小时。雷暴云的生命史可分为4个阶段：①初生阶段。开始出现上升气流，云体形成。②发展阶段（淡积云、浓积云）。云中盛行上升气流，云的上部有过冷水滴和小雪花或冰粒。③成熟阶段（积雨云）。云内有了下降气流，上升气流和下降气流以及乱流在云中剧烈地翻腾，常出现闪电、雷鸣、阵雨、冰雹等天气现象。④消散阶段。下降气流取代上升气流而成为云内主要气流，雷暴云逐渐消散。

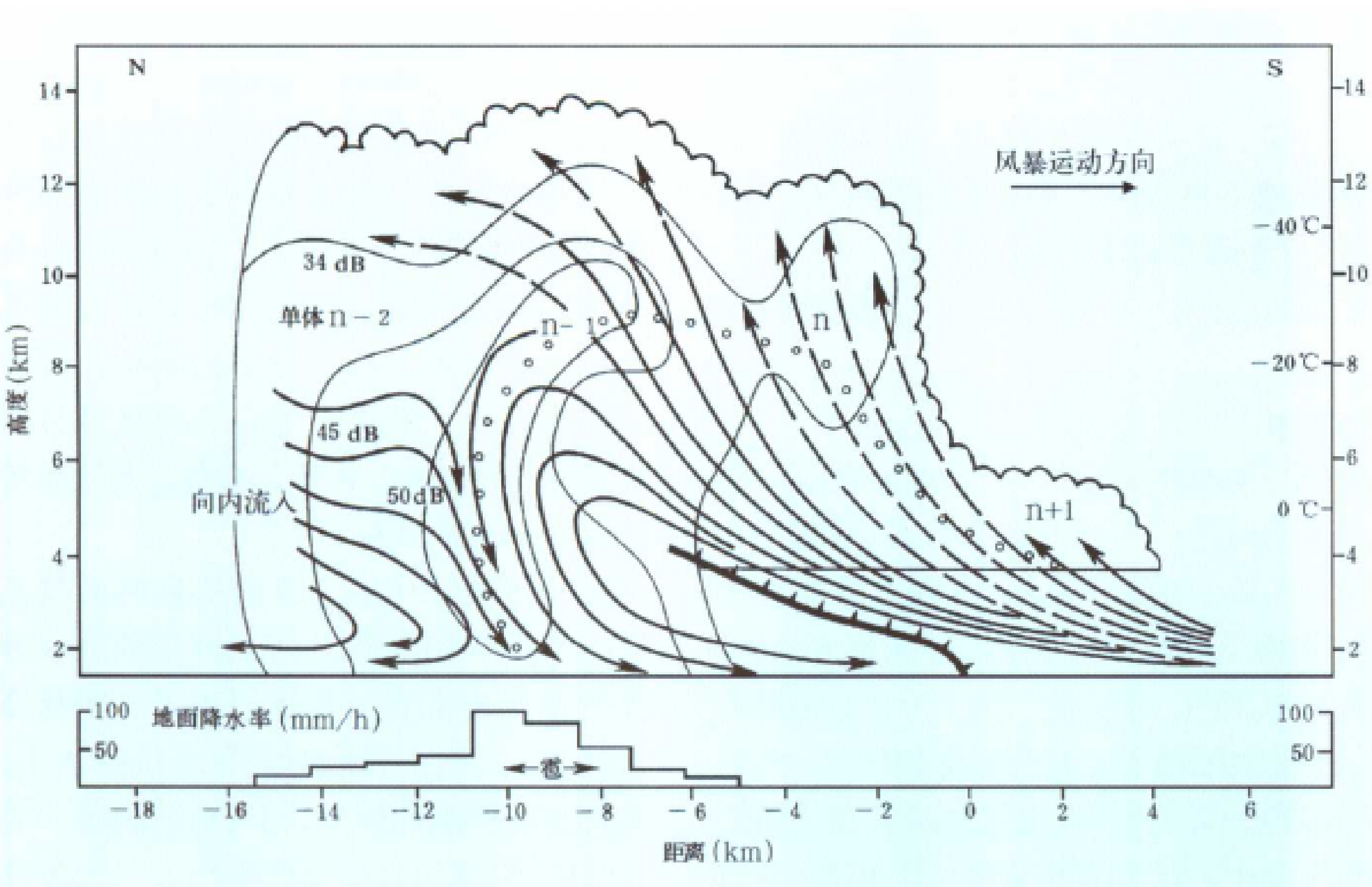
出现雷暴时近地面层的气象要素也发生较大的变化。主要有：①气温。雷暴云内下降的冷空气到达地面后向四周扩散，在此范围内不同地区的降温是不同的，中心降温最多，有时可降10℃以上。②气压。发展阶段，上升气流发展，高层空气质量辐散大于低层空气质量辐合，地面气压逐渐下降。成熟阶段，下降冷空气使气压陡升，有时1分钟可上升3百帕，雷暴云单体中心的正下方形成雷暴高压。在雷暴高压的后部有一个伴生的低压。随着雷暴云的生成与移动，所经地区的气压呈逐渐下降、陡升、下降和恢复正常。③风。发展阶段地面风很小，成熟阶段随着下降气流和雷暴高压的出现，风速迅速增大，风向急变，阵风风速有时可达30米／秒以上。④降水。雷暴的降水多为阵雨，有时伴有冰雹，气温较低时也会出现阵雪。

雷暴的地理分布是赤道地区最多，每年有100～150个雷暴日，从赤道地区至极地逐渐减少。每年雷暴日热带地区有75～100天，中纬度地区有20～40天，极圈内只有几天。中国出现的雷暴，南方比北方多，山地比平原多，内陆比沿海多；一年之中，夏季出现最多，春秋季次之，冬季除华南少数地区外，极少有雷暴出现。

雷暴是对军事活动影响极大的危险天气。雷暴云中的剧烈升降气流和过冷



枝状闪电 郭恩铭摄



多单体雷暴（风暴）模式

多单体雷暴一般由4个处于不同阶段的单体组成：$n+1$是初生阶段单体，n是发展阶段单体，$n-1$是成熟阶段单体，$n-2$是衰减阶段单体。矢线为流线，尖齿线为冷锋，空心圆圈代表雹粒移动轨迹，dB为雷达回波强度。图下部为风暴移过时的地面降水强度。

水滴，会发生强烈的飞机颠簸和飞机积冰；闪电可能使飞机遭雷击，干扰无线电通信和电子设备。飞机穿越雷暴云一旦遇到冰雹，由于相对速度大，飞机会被击伤。伴随雷暴的强烈降水、恶劣能见度、风切变和强阵风等，都会对飞行安全造成威胁。（段应瑞）

wu

雾（fog） 大量微小水滴或冰晶悬浮于近地面空气中的天气现象。气象观测规定，使有效能见度小于1千米的称为雾，能见度1～10千米的称为轻雾。雾的颜色多呈白色或乳白色，受烟尘影响时呈土黄色或灰色。雾滴直径大多数为4～30微米，浓度一般为1～100个／厘米³。雾中含水量一般小于0.1克／厘米³，浓雾可达1克／厘米³。雾的厚度相差很大。薄的不到2米，称浅雾。厚的可达几百米甚至1千多米。较薄的雾在地面可以辨明天空状况，称天空可见雾。

雾按其成因，可分为辐射雾、平流雾、蒸发雾和锋面雾等。①辐射雾。是在晴朗微风的夜间地面辐射冷却，使贴近地面的空气层中的水汽饱和凝结而形成，多出现在秋冬季节。它的日变化明显，通常夜间形成，日出之前最浓，日出后随着地面气温的增高和乱流的增强而逐渐消散或抬升为层云。②平流雾。是暖湿空气流经冷的下垫面上，其下部的水汽冷却凝结而形成，多出现在冬季（海上平流雾多出现于春、夏季），一日之中任何时间都可能出现，范围广，厚度大，有时可达几百米。③蒸发雾。是冷空气移到较暖的水面上，水面蒸发的水汽因冷却达到饱和凝结而形成的。④锋面雾。多出现在暖锋前后。锋前的降水蒸发后，使冷空气达到饱和形成的雾称锋前雾；暖锋过后，因暖湿空气移至原来冷气团控制的地面上，冷却而形成的雾称锋后雾。锋面雾常与锋面云系相连，并随同锋面一起移动，范围广，移动快。



雾

在中国，雾日分布差别很大，一年中，有些地区雾日可达100天以上，有些地区只有几天，个别地区甚至数年不见雾。中国多雾区有两个：一个在四川、贵州一带，多为辐射雾；另一个在山东至广东沿海一带，多为平流雾。

雾是造成恶劣能见度的危险天气，对航空、航海和地面交通有重大影响。在低温条件下，过冷雾滴或水汽在树枝、电线等物体表面撞冻或凝华而形成的冰晶沉积物，称为雾凇（见图）。雾凇严重时会对电力线路和有线通信造成危害。



雾凇

（段应瑞）

mai

霾（haze） 大量极细微的尘埃、烟粒、盐粒等干燥杂质悬浮在空中，使大气混浊，水平能见度小于10千米的天气现象。霾一般呈乳白色，它使物体的颜色减弱，远山、森林等深色黑暗物体呈浅蓝色，太阳、雪山等远处光亮物体微带淡黄或红色。霾多出现在稳定层下面，有时出

现在近地面层或空中。有时地面能见度很好，由于有霾，倾斜和垂直能见度则比较差。霾可以由本地的杂质聚集而成，也可以从其他地方随风飘移而来。在严重空气污染的城市上空，霾可以频繁地出现。在霾层中飞行，往往难以看清地面和识别地标，给空中侦察、编队和目视飞行造成一定困难。在霾层上飞行时，还容易将远处的霾层顶，误认为天地线（假天地线）。霾出现在近地面大气层时，对飞机的起降有一定的影响。

（段应瑞）

shachenbao

沙尘暴 (dust or sand storm) 大量沙尘、干土被强风吹卷到空中，使有效能见度降到1千米以下的天气现象。又称尘暴或沙暴。强度通常以有效能见度划分。有效能见度小于500米的称强沙尘暴，500～1 000米的称轻（中）沙尘暴。

形成沙尘暴需要3个条件：①风速达到10米／秒以上。②有干燥、松散且无植被覆盖的土质或沙漠。③低层大气不稳定。中国西北、华北和青藏高原、东北平原等地区春季常有沙尘暴出现，新疆南部和内蒙古西部沙尘暴最多，每年沙尘暴日数在30天以上。冷锋前强烈发展的低气压及冷锋过境后引起的大风，是造成我国北方地区大范围沙尘暴的主要因素。飑线、龙卷和其他对流性不稳定天气引起的大风，也可造成局地性沙尘暴。沙尘暴严重影响飞行安全，由其引起的恶劣能见度不但影响飞机起降，而且使飞行员看不清地标，易造成迷航。沙粒之间和沙粒与飞机之间摩擦产生的静电，会严重干扰无线电通信和无线电罗盘。进入飞机发动机和飞机机体的大量沙粒，会造成机件磨损、油路堵塞、电路接触不良等一系列机械故障或电气故障，严重的会打坏涡轮叶片。

（段应瑞）



沙 暴

tianqi

天气 (weather) 一定地区在某一时刻或短时段内大气的综合状态。通常用气温、气压、湿度、风向、风速和发生在大气中的云、雾、降水、雷电等现象来描述。有时也用阴、晴、冷、热、干、湿等来表示。受太阳辐射、大气环流和地形、地貌等多种因素的影响，天气总是处在不断的变化之中。有季节性变化、日变化；有时非常缓慢，有时异常剧烈；即使同一时刻，各地的天气及其变化也有很大的差异。天气的变化，可通过世界各地的气象站网来观察，可用气象卫星、气象雷达等先进探测工具进行大范围的探测。天气的变化有规律可循。天气学就是研究天气形成和变化规律，并运用这些规律预报天气的一门科学。使用计算机求解大气动力方程组，可以制作大范围以至全球的数值天气预报。连续不断地观探测天气变化，制作和发布不同时段、种类的天气预报，是气象中心、室、台、站的主要业务工作。20世纪40年代以来，随着科学技术的发展，逐步开展了人工影响天气的科学研究和试验，实现了某些局地天气朝着人们设想的方向转变。

天气作为环境条件的可变因素，对空军作战、训练等活动有直接的影响。既有有利的一面，又有不利的一面。即使是同一种天气条件，也常因人的主观处置是否正确而有不同的结果。准确地掌握和正确地运用天气条件，充分估计天气对武器效能的发挥和空军遂行作战任务的影响程度，是实施气象保障的主要内容。

（喻承朗）

tianqi xitong

天气系统 (synoptic system) 以气象要素的空间分布划分的具有典型特征的大气运动系统。通常有气压空间分布的系统，如高气压、低气压、高压脊、低压槽等；风分布的系统，如气旋、反气旋、切变线等；温度分布的系统，如锋区、高温区、低温区等；天气现象分布的系统，如雷暴、热带云团等。天气系统是这些系统的统称。

20世纪20年代以前所称的天气系统，主要指气压系统。1920年前后，挪威学者J.皮耶克尼斯等引入了气团与锋的概念，深化了人们对天气系统的认识。随着高空探测的发展，1939年瑞典－美国气象学家C.G.罗斯比提出大气长波动力学理论，把天气系统的研究推向了新阶段。

各类天气系统有一定的空间和时间特征尺度。空间尺度主要以天气系统的水平尺度大小，即以波长或闭合系统的直径（或长轴）来衡量；时间尺度以天气系统的生命史长短来衡量，生命史系指天气系统由新生、发展到消亡的过程。通常，天气系统的水平尺度越大，其时间尺度也越长。

大气中各类天气系统按其空间特征尺度大致可分为5类：与地球半径相当的称行星尺度天气系统；比行星尺度小的称天气尺度天气系统，在常规天气图上可以直接分析出来；比天气尺度小的分别称为中尺度天气系统、小尺度天气系统和微尺度天气系统，一般要利用气象站点密集的大比例尺天气图和气象雷达进行连续观测，方能判定它们的所在位置和具体特征（见表）。

各国对天气系统的分类不完全统一。如美国将水平尺度由2千米到2 000千米的系统，统称为中尺度天气系统，其中又分3类：200～2 000千米的称中尺度α天气系统，包括台风、锋等；20～200千米的称中尺度β天气系统，包括龙卷、飑线等；2～20千米的称中尺度γ天气系统，包括雷暴单体等。日本则将200～2 000千米范围内的称为中间尺度天气系统，将2～200千米范围内的称为中尺度天气系统。此外，也有人把行星尺度天气系统和天气尺度天气系统称为大尺度天气系统，把比天气尺度小的天气系统称为次天气尺度天气系统等。

各种天气系统及其特征尺度表

种　类	水平尺度（千米）	时间尺度（时）	主要天气系统
行星尺度天气系统	10^3～10^4	>10^2	超长波、长波、副热带高压、热带辐合带、季风等
天气尺度天气系统	10^2～10^3	10^2	锋、温带气旋、反气旋、低涡、台风、东风波等
中尺度天气系统	10^1～10^2	10	中低压、飑线、海陆风、中尺度对流群等
小尺度天气系统	<10	1	雷暴、龙卷、对流单体等
微尺度天气系统	<1	10^{-1}	边界层湍流等

天气系统总是处在发展变化之中。各种天气系统有不同的生消条件和能量来源，即使属同一尺度的系统其生消条件和能量来源也有所不同。如温带气旋的发展条件，主要由其上空涡度平流所引起的空气辐散的强弱决定，辐散大于辐合，有利于气旋发生、发展，其能量来源主要是大气中储存的有效势能。台风生成、发展的能量，主要是依靠热带洋面上大量潮湿空气中的不稳定能量和水汽凝结释放出的潜热提供的。各个天气系统之间不是孤立的，而是不断地进行动量、能量等的交换，不断地相互作用。一般地说，尺度大的天气系统制约并孕育着尺度小的天气系统的发生和发展，尺度小的天气系统则对尺度大的天气系统维持与演变产生反馈作用。在研究各类系统运行规律时，人们常依据尺度效应，将完全的运动方程作相应的简化，如研究天气尺度天气系统时，可以应用准地转平衡近似和静力学关系，而研究中小尺度大气系统时，地转平衡和静力平衡条件就不适用了。

天气系统是天气的“制造者”与“运载者”，伴随天气系统的移动、演变，天气发生相应的变化。在天气预报中通过对于各种天气系统的预测，可以预报未来一段时间的天气变化。因天气系统结构复杂，不同尺度的天气系统间的相互作用，以及地形等外界条件的影响，使天气变化十分复杂。制作短期天气预报，可以主要考虑单一的天气系统的变化，制作中期或长期天气预报，则需研究大范围天气系统的演变规律乃至大气环流的演变规律。　（王炳仁）

jiliu

急流　(jet stream)　大气层中一股强而窄的气流。急流中心的长轴称为急流轴，它近于水平分布，其附近风速的切变很强。急流按尺度不同，可分为天气尺度急流和中尺度急流；按出现的高度不同，可分为高空急流和低空急流。

高空急流　出现于对流层上层或平流层中。一般是天气尺度的，长几千千米，宽几百千米，厚几千米，风速在30米／秒以上。按形成地区和结构的不同，又可分为：①温带急流，又称极锋急流。是出现在极锋锋区上部对流层顶附近的西风急流，呈波状环绕半球，最大风速层约在300百帕附近。北半球温带急流，冬季平均位置在北纬40°～60°之间，平均高度约为8～10千米；夏季平均位置在北纬70°附近，平均高度约为9～11千米。急流中心的最大风速一般为45～55米／秒，个别曾达到105米／秒，冬季强，夏季弱。②副热带急流。是出现在热带对流层顶和中纬度对流层顶之间的过渡带内（即副热带锋上空约200百帕附近处）的西风急流。其位置和走向都比较稳定。急流轴上的风速差别很大，最大的风速区出现在中国东部至日本南部副热带急流与温带急流的汇合区中，平均最大风速60～80米／秒。副热带急流有明显的季节变化，冬季强，夏季弱。该急流与中国南方持续性降水天气有密切联系。③热带东风急流。夏季出现在中国南海，向西经过印度到非洲北部的热带对流层顶附近。其轴线平均位于北纬15°的100～150百帕等压面上，呈准静止状态。强风中心平均风速为35米／秒，位于阿拉伯海上空。④极区平流层急流，又称平流层极夜急流。出现于高纬度极地区域20～30千米上空，中心风速在40米／秒以上，最大可达100米／秒。在南北极区均可观测到，除冬季外，其他季节不出现。

低空急流　出现于对流层下部。其高度一般距地面1～4千米，长度为数百到1 000千米，少数可达数千千米。因此，低空急流有中尺度的，也有天气尺度的。低空急流中心的风速在12米／秒以上，最大可达40米／秒。在北半球风向多为偏南或西南。中国的长江流域和华南地区常出现低空急流，通常是低空副热带高压北部边缘的强西风带。低空急流方向的左侧为空气上升区，右侧为空气下沉区，构成一个垂直环流。低空急流的气流多来自热带洋面上，将暖湿空气从低空向北输送到干冷气层的下方，容易形成对流性不稳定的大气层结。在低空急流左侧上升运动的触发下，常常产生对流性降水，甚至出现暴雨、冰雹和龙卷等强对流天气。中国长江中下游和日本的暴雨大都出现在低空急流轴线左侧200千米范围内，右侧极少出现暴雨。

急流是全球大气环流的重要组成部分，在大气热量和角动量输送中发挥重要作用。急流往往同锋区相联系，与天气系统的发生、发展有着密切的关系。急流因其具有很大的风速和很强的风速切变，常伴有湍流扰动，对飞机的飞行及安全造成极大影响，成为现代气象导航和飞行气象保障关注的重要对象。

（王炳仁）

qituan

气团　(air mass)　在水平方向上温度、湿度和大气静力稳定度等物理特性比较均匀的空气团块。其水平范围可达几百至几千千米，垂直范围可达几千米至十几千米。是大范围空气在单一地理环境停留较久或移动缓慢时，通过湍流交换混合，形成与下垫面温湿特性相近的气团。

20世纪20年代，瑞典气象学家T.H.P.伯杰龙最早提出气团的概念，他在气团的分类和气团天气两方面，做了大量的研究工作，对天气学的发展起了相当重要的作用。

分类　按热力性质，分为冷气团和暖气团；按湿度特征分为干气团和湿气团；按静力稳定度分为稳定气团和不稳定气团；按形成源地，常分为北极气团、极地气团、热带气团和赤道气团4类，其中前3类，再按源地的海陆差别，还可划分为一些副类，如极地大陆气团、极地海洋气团等。在北半球的主要气团有：北冰洋气团、极地气团、热带气团、赤道气团等。

变性　气团离开源地后，受到沿途下垫面性质的影响，基本属性不断改变，这种改变和改变过程统称为气团变性。气团变性的物理过程主要有辐射、湍流

热交换、湍流输送水汽和大范围垂直运动4种。实际上，气团变性往往是几种过程同时发生并互相影响的。这种属性改变的气团称为变性气团。气团变性的过程往往也是新气团形成的过程。中国境内的气团，多属变性气团。冬季为冷高压的极地大陆（变性）气团，天气多干燥而寒冷，夏季为湿而热的赤道气团和热带海洋气团，基本决定了中国雨带的南北移动和降水的分布。

在空军气象保障中，可充分利用气团内部天气变化稳定的特点，避开气团间天气多变的不利因素，有计划地安排不同气象条件下的飞行活动。

（王炳仁）

feng

锋 (front) 密度或温度差异很大的两个气团之间倾斜而狭窄的过渡带。是风的水平气旋性切变最强，湿度、温度等气象要素水平梯度最大的区域。锋经过的地区，常出现深厚的云系、宽广的降水带、恶劣的能见度，风向突变，风力剧增等。锋在空间是倾斜的，坡度很小，一般约为1/100，冷气团在下，暖气团在上（图1）。锋的垂直厚度约1千米，水平宽度在近地面

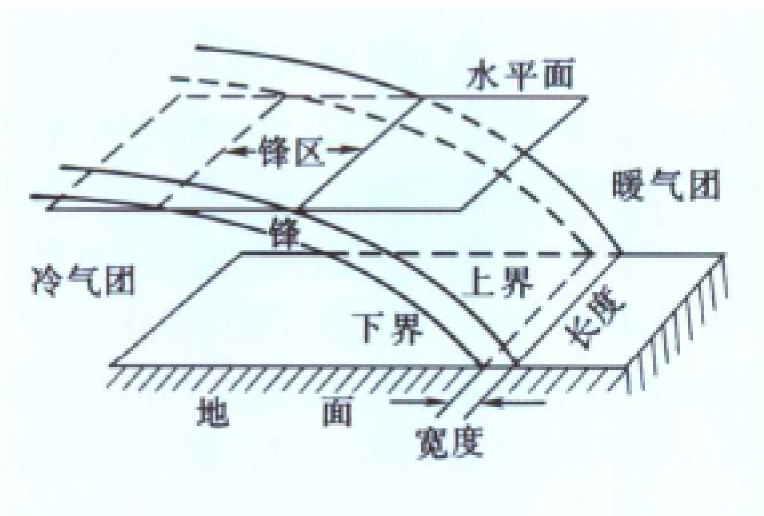


图1 锋的空间状态示意图

约数十千米，在高层可达400千米以上，锋的水平长度可延伸数百千米甚至数千千米，垂直范围可延伸到对流层顶。锋的宽度与其长度相比极小，可近似地看作几何面，又称锋面（图2）。锋面与地面的交线称锋线。锋面和高空某一水平面或垂直剖面相交的区域，称为锋区。

结构与特征 20世纪初，奥地利学者M.马古列斯提出在旋转坐标系中，温度不同的气团之间的界面与水平面形成的夹角α的表达式为：

$$\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{2\,\omega\sin\phi\,\bar{T}\,(u_g'-u_g)}{g(T'-T)}$$

式中的T、u_g和T′、u_g'分别为锋面两

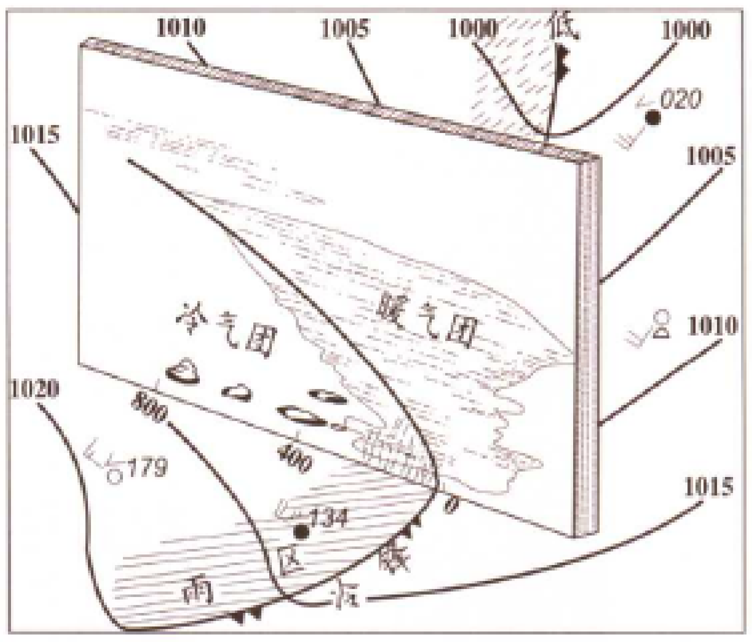


图2 锋面示意图

侧冷、暖空气的温度和与锋面平行的地转风的速度，$\bar{T}$为冷、暖空气的平均温度，ω为地球自转角速度，φ为纬度，g为重力加速度。后被称为锋面坡度公式。

锋区内的水平温度梯度比锋区两侧的单一气团内的梯度大得多（最大的达10℃/1 000米以上）。由于暖空气斜盖在冷空气上，使锋区内的垂直温度梯度比其两侧气团内小得多，有时甚至出现温度随高度增加的逆温现象。锋区两侧的气象要素和天气表现有明显的差异。

分类 锋按气团移动方向分为：①暖锋。指暖气团向冷气团一方移动的锋。②冷锋。指冷气团向暖气团一方移动的锋。冷锋因移动速度不同，又分为第一型（慢速）冷锋和第二型（快速）冷锋两种。③准静止锋。指移动很缓慢呈准静止状态的锋。④锢囚锋。通常冷锋比暖锋移动快，当冷锋赶上暖锋时，两锋之间的暖空气被迫向上抬升，冷锋后的冷空气与暖锋前的冷气团相接形成的锋。锢囚锋后的冷空气较锋前的冷空气暖的称暖式锢囚锋，冷的称冷式锢囚锋。有时因受地形影响，两条冷锋相对而行，当其接触时也可形成锢囚锋，称为地形锢囚锋。

锋面天气 各类锋面有其特有的天气（图3）。①暖锋坡度较小，约为1/150。典型云序为卷云、卷层云、高层云，地面锋线附近为雨层云，在高层云处开始降水，多为连续性降水。若暖空气不稳定，暖锋上也可出现积雨云等对流性天气。②第一型冷锋的坡度为1/100，锋上云雨次序和暖锋相反，这种冷锋一般由西北向东南移动，冬季较强，影响范围大；夏季较弱，影响范围较小。第一型冷锋是影响中国天气的重要天气系统之一。③第二型冷锋，坡度为1/70，在近地面层有时呈垂直或前倾。在锋前，多为对流性天气，有时伴有飑线，可产生冰雹、龙卷等剧烈天气。第二型冷锋在中国较少，春季见于长江流域，秋季见于黄河流域。④准静止锋天气和第一型冷锋相似，唯云雨范围比较宽广，在中国华南的南岭一带和云贵高原地区较为常见。由于冷锋南下后受地形阻挡而呈准静止状态，可停留10天或半个月之久，造成阴雨连绵的天气。⑤锢囚锋兼有冷、暖锋天气特征。在中国西北、华北、华东等地区，冬半年常出现地形锢囚锋。

锋生和锋消 锋生指锋的生成或加强的过程；锋消指锋的消失或减弱的过程。当某些物理过程使空气的水平温度梯度沿着一条线附近迅速加大时，可以

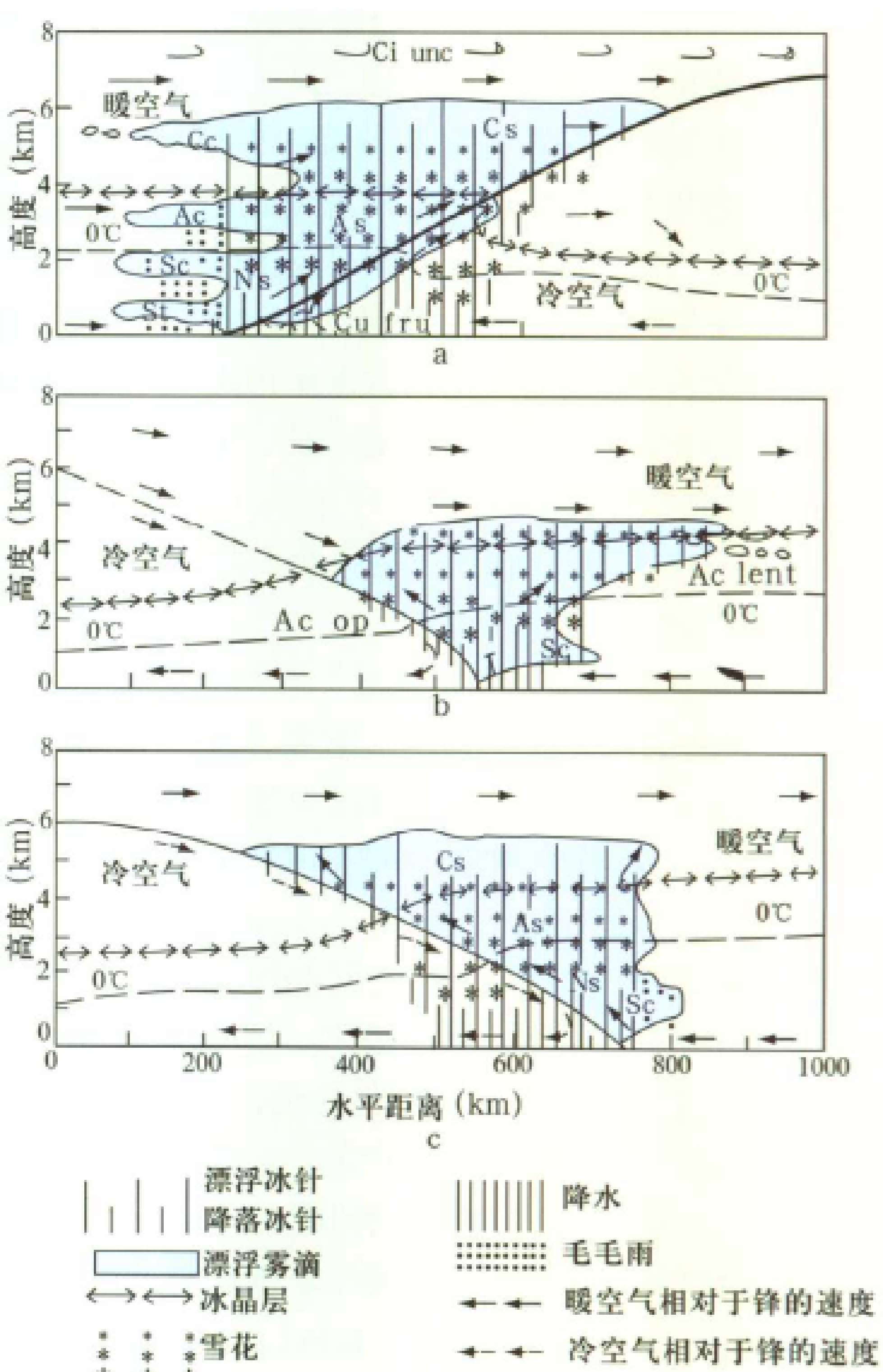


图3 锋面天气示意图

a 暖锋 b 第二型冷锋 c 第一型冷锋 Ci unc 钩卷云 Cc 卷积云 Cs 卷层云 Ac 高积云 As 高层云 Ac lent 荚状高积云 Ac op 蔽光高积云 Cu fru 碎积云 Ns 雨层云 St 层云 Sc 层积云

说这条线附近有锋生。反之，即为锋消。按运动学观点，水平运动、垂直运动和非绝热过程，都可造成锋生或锋消，其中尤以水平运动最为有效。有温湿特性不同的气流辐合时容易出现锋生；气流辐散则容易出现锋消。通常气团间的相向运动加强时，有利于锋的加强或新生；相背运动加强时，有利于锋的减弱或消亡。

20世纪20年代初期，挪威学者V.皮耶克尼斯和J.皮耶克尼斯等提出了锋面的概念，奠定了锋面的理论基础，而现代的探测技术、数值模拟的发展，进一步丰富了对锋面天气系统的认识。研究掌握锋面的活动规律，准确预测某地锋面过境的时间及其产生的天气变化，对于空军制作短期天气预报、做好气象保障工作，具有重要的意义。

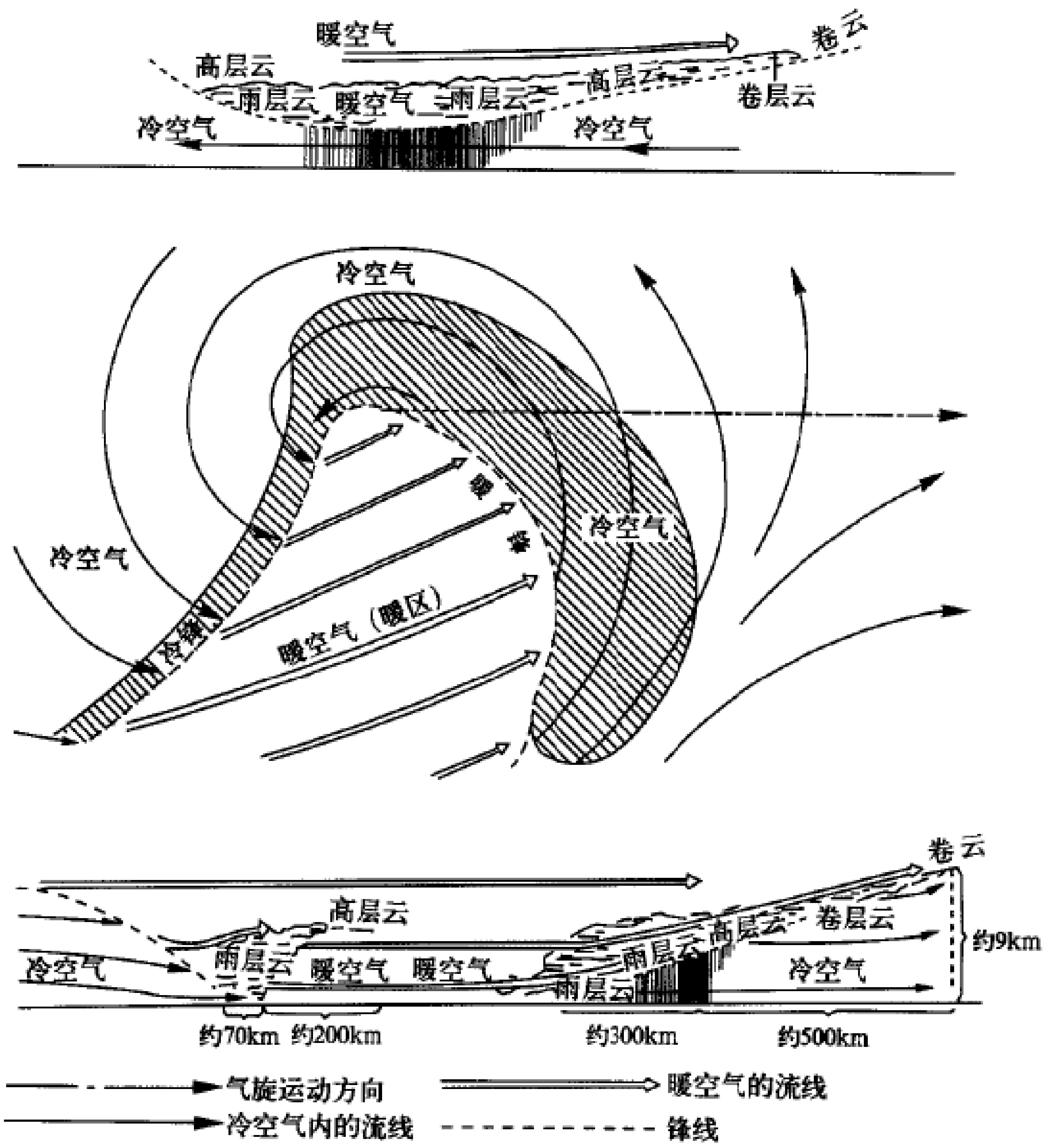
（王炳仁）

qixuan

气旋 (cyclone)　北半球水平气流呈逆时针（南半球呈顺时针）旋转的大气涡旋。在同高度上，气旋中心的气压比四周低，故又称低气压或低压。在天气图上表现为闭合等值线包围的低气压区。气旋近似于圆形或椭圆形，小的水平尺度为几百千米，大的可达3 000～4 000千米，属天气尺度天气系统。受气旋控制的地区，易产生云和降水，或大风、沙暴等天气。

19世纪60年代，人们发现并开始研究温带气旋的结构和活动规律，至20世纪20年代，挪威学者J.皮耶克尼斯和H.索尔贝格提出了气旋模式（见图）和气旋生命史模式，首次将气团、锋、气压场和天气分布有机地结合在一起，并一直被气象界广泛采用。

气旋的分类，按形成和活动的地区，可分为温带气旋、热带气旋和极地气旋性涡旋等；按热力结构，可分为冷性气旋、暖性气旋和锋面气旋等。温带气旋大多属锋面气旋，其温度分布不对称，并有冷锋和暖锋。热带气旋属暖性气旋，气旋中心附近的温度高于四周，是热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风或飓风的总称。冷性气旋中心附近的温度低于四周。也有根据温压场结构，分为正压气旋、斜压气旋和中性气旋。



皮耶克尼斯和索尔贝格的锋面气旋模式图

上图和下图分别表示气旋中心以北和以南（穿过暖区）剖面上的云系和空气运动状况，剖面的取向与气旋运动方向一致

各类气旋出现的天气是不同的。冷性气旋往往有较大的降水，夏季常有雷阵雨。热低压中，若空气干燥，为晴热天气；若空气中水汽充分，可产生云和降水。锋面气旋的天气十分复杂，在锋附近盛行上升气流，常有宽广的云、雨区与之相伴，有时还有危险天气出现。人类最密集的温带地区的降水，大部分同锋面气旋有关，因此，是最受重视的天气系统之一。亚洲东部气旋活动频繁的地区，一是俄罗斯联邦的贝加尔湖地区、蒙古中部到中国东北地区；另一个是中国的江淮地区、东海海域至日本南部。

锋面气旋的生命史，包括：①初生阶段。出现气旋波，形成暖锋、冷锋和气旋中心。②成熟阶段。气旋性环流加强，中心气压下降，暖区更明显，出现系统性的云系和降水。③锢囚阶段。冷锋赶上暖锋，形成锢囚锋，此时气旋环流最强，中心气压最低。④衰老阶段。气旋中心被来自各方冷空气所占据，气旋环流减弱，气压升高，云雨随着减少。

在地面气旋中心及其前方，低层气流辐合，高层辐散，盛行上升运动。当高层辐散大于低层辐合时，气压下降，气旋加深；反之，气压上升，气旋就被填塞。气旋发展的能量来源于温度对比很大的锋区所积蓄的位能，在暖空气上升和冷空气下沉过程中，位能转换为动能，有利于气旋的发生和发展。

气旋中的天气条件通常比较复杂，对飞行有较大的影响。而在一定的条件下，又能成为进行复杂气象条件下的飞行训练和作战的有利因素。例如，在抗美援朝战争中，中国人民志愿军空军遂行首次轰炸大和岛任务时，就是在锋面气旋的恶劣天气笼罩着美军机场，其飞机不能起飞的有利条件下，胜利地完成作战任务的。

（王炳仁）

diqiya

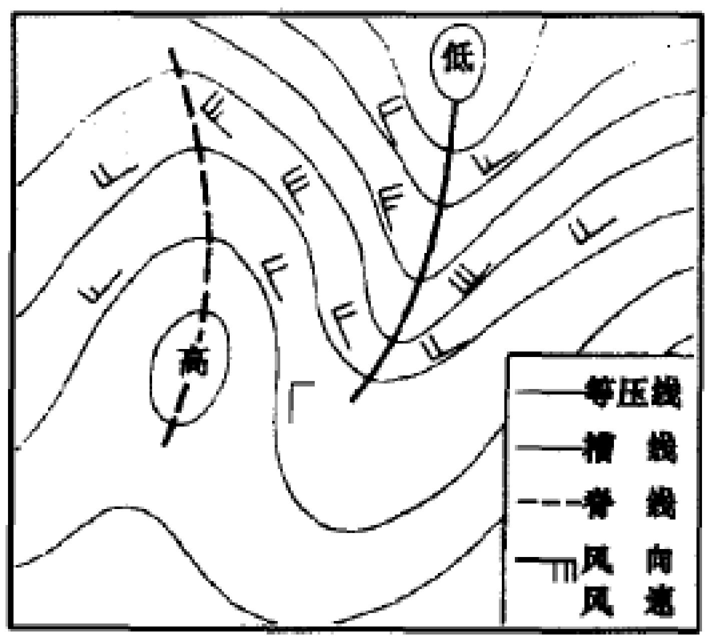
低气压 (low pressure)　见气旋。

redai qixuan

热带气旋 (tropical cyclone)　见气旋。

diyacao

低压槽 (trough of low pressure) 从低压区延伸出来的狭长区域。在同高度上槽中的气压比两侧低。在天气图上，等压线或等高线气旋性曲率最大处的连线称为槽线(见图)。北半球低压槽一般从北向南延伸，从南向北延伸的称倒槽，近东西向延伸的称横槽。在空间配置上，按槽线移动方向高空槽线位于低空槽线之前的为前倾槽，高空槽线位于低空槽线之后的为后倾槽。也有按槽线出现的地理位置称谓的，如东亚大槽、西风槽、季风槽等。对流层中、上部西风带中，波长约3 000～8 000千米的低压槽为长波槽。



天气图上低压槽与高压脊

低压槽区多辐合上升气流，形成阴雨天气，且易发展为气旋等天气系统，对飞行有较大影响。飞机在低压槽区飞行，常产生颠簸，有时还会遭遇雷击等。

(王炳仁)

fanqixuan

反气旋 (anticyclone) 北半球水平气流呈顺时针(南半球呈逆时针)旋转的大气涡旋。在同高度上，反气旋中心的气压比四周高，故又称高气压或高压。在天气图上表现为闭合等值线包围的高气压区。从高气压区延伸出来的狭长区域，称高压脊。反气旋的水平尺度一般比气旋大得多，大的可与整个东亚大陆(或整个太平洋)相比拟，小的直径也有几百千米，多属天气尺度天气系统。在高压区内温度场比较均匀。高层气流辐合，低层气流辐散，盛行下沉运动，天气多晴好。高压按地理位置，可分为极地高压、中纬度移动性高压、阻塞高压、副热带高压和赤道高压等；按热力性质，可分为冷高压和暖高压。

冷高压 中心附近温度低于四周，多形成于冰雪覆盖的中纬度和高纬度地区，由冷空气堆积而成，强度自地面向上逐渐减弱，平均厚度不到3千米，是浅薄的天气系统。极地高压和中纬度移动性高压属于冷高压。在高空低压槽后部西北气流的引导下南下，其前锋经过的地区常有大风、降水、气温骤降，强的可形成寒潮。前锋过后，接近高压中心时，风力减小，天气转晴。冷高压在南下过程中，逐渐变性、减弱，最后并入副热带高压。

暖高压 中心附近的温度高于四周，是随高度加强的一种深厚的天气系统，从对流层下层一直伸展到对流层顶或更高的层次。副热带高压即是一种大型深厚的暖高压系统，具有稳定而持久的特点，在它控制的地区，天气晴朗、酷热，其西南边缘地区则经常有阴雨天气。

反气旋产生的晴好天气，为空军航空兵飞行活动，提供了良好的大气环境条件。研究掌握反气旋的演变规律，准确预测天气转折的时机，对于制定作战、训练计划，提高飞行日利用率，具有重要意义。 (王炳仁)

gaoqiya

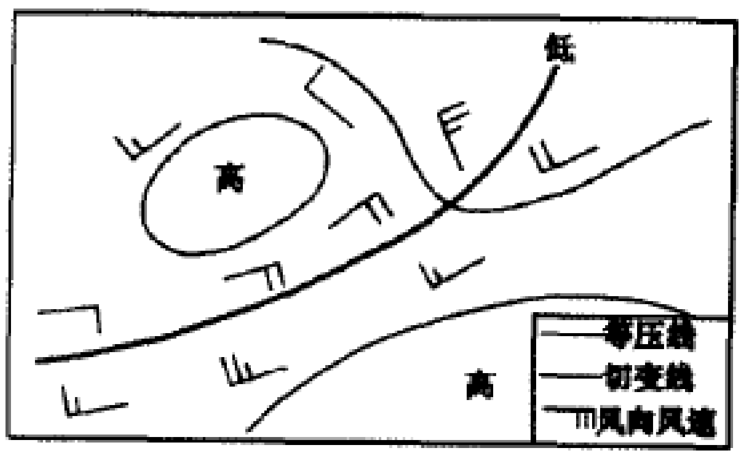
高气压 (high pressure) 见反气旋。

gaoyaji

高压脊 (high pressure ridge) 见反气旋。

qiebianxian

切变线 (shear line) 风场中呈气旋式转变的两股方向不同的水平气流的分界线。切变线附近存在气流的辐合上升运动，是造成降水的重要天气系统。在天气学中，切变线一般指出现在850百帕或700百帕等压面图上的近于东西向的天气尺度天气系统。切变线多是在低压槽变窄、槽线由南北向转为东西向过程中，槽前偏南气流和槽后偏北气流非常逼近的情况下形成的。东亚地区，特别是中国，西南气流一部分来自中国沿海，一部分来自孟加拉湾，属潮湿的热力不稳定气流；东北气流来源于变性的极地气流。在切变线上存在气流的水平辐合和上升运动，在其南侧常产生一条与其平行的雨带。切变线上常有低涡东移和与其相伴的暴雨中心出现。这种切变线一般很稳定，能在一地区维持5～7天。按活动性质分，有冷锋式、暖锋式及静止锋式切变；按活动地区分，有江淮切变线、华北切变线、华南切变线等。其中以春末夏初的江淮切变线最为著称。每逢梅雨时期，切变线常在江淮流域活动，随着盛夏来临，又稳定在淮黄之间，是暖季重要的降水天气系统。切变线附近连续的阴雨天气，为航空兵进行复杂气象条件飞行训练提供了机会，但应注意避开切变线上中等强度以上的颠簸区。



天气图上的切变线

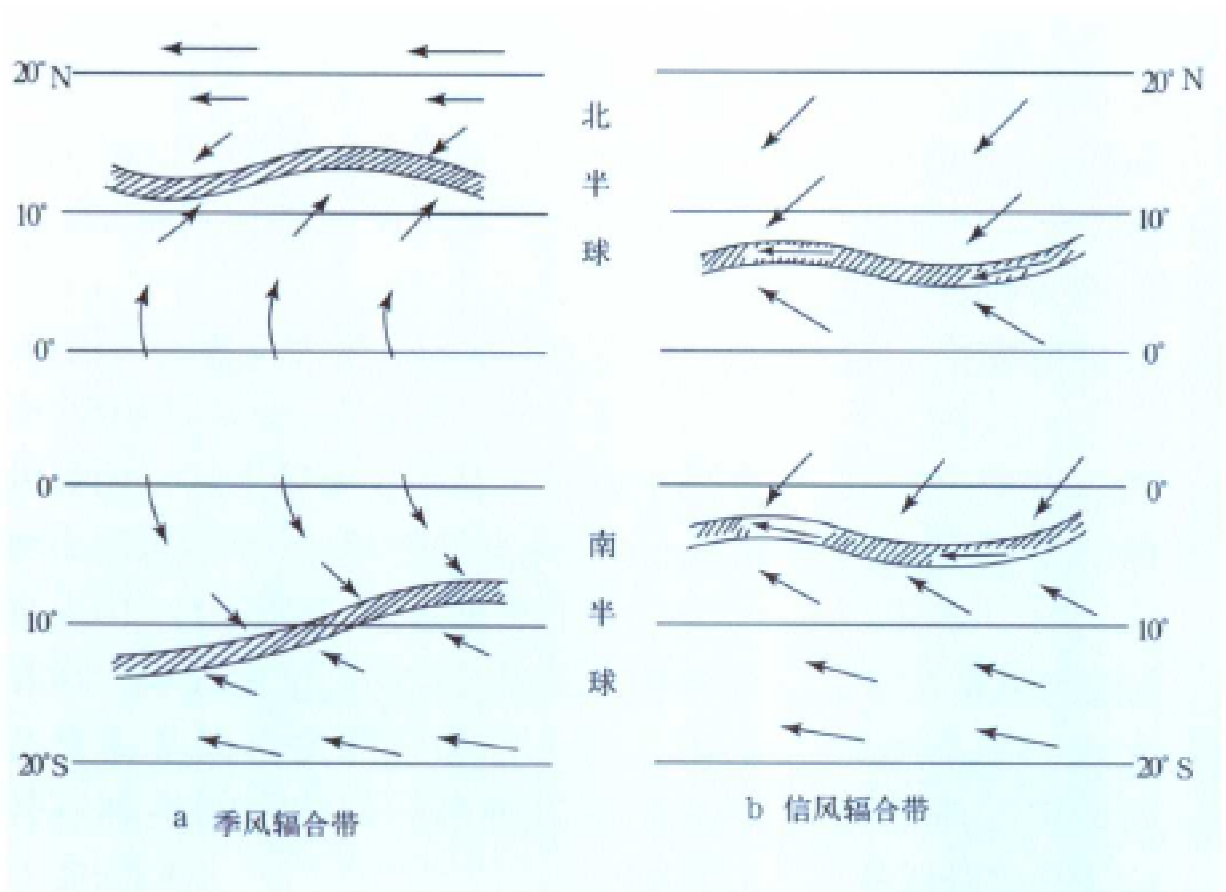
(王炳仁)

redai fuhedai

热带辐合带 (intertropical convergence zone) 南北半球两个副热带高压之间气流辐合的低压带区。亦称热带辐合区、赤道辐合区、赤道无风带、赤道槽等。通常出现在赤道两侧纬度5°～10°处。在卫星云图上表现为环绕地球宽度约200～300千米变化很大的对流云带。其生消、移动和强度变化，对中、低纬度的天气影响极大，中国南海和西太平洋上80%～85%的台风发源于此。

热带辐合带有两种类型：①季风辐合带。由北半球夏季位置偏北的东北信风，同南半球东南信风越过赤道后转成的西南风相遇，形成的辐合带。主要活动在阿拉伯海到西太平洋的季风地区，位置有明显的季节变化。是全球主要的热源区，湿度大，气流辐合强，常有热带天气系统产生，如热带云团、台风等。②信风辐合带。南半球东南信风与北半球东北信风相遇组成的辐合带。辐合区远小于季风辐合带，很少有强烈的热带天气系统发生(见图)。热带辐合带的季节变化，同海陆分布和地形有密切关系。季风辐合带的位置变化大，冬季在南半球，夏季在北半球。信风辐合带的位置距赤道较近，无明显季节变化。

辐合带的云系是热带地区的重要云系。辐合带上经常有扰动出现，每个扰



热带辐合带风场分布示意图

动对应一片稠密的积雨云区。有时云区很窄，仅2～3个纬距，连续长度可达1 000千米。有时又断裂成一团团云区，其中有些表现为涡旋状云系。天气分布是不连续的，常有阵雨和雷暴，当有扰动发展时，天气变化剧烈，可带来狂风暴雨。最大降水区位于辐合最强的气旋性环流区域，尤以低压或辐合中心的东北侧和西南侧为明显。这种云系一般由东向西移动。 （王振河）

taifeng

台风 (typhoon) 发生在北太平洋西部和中国南海的强大而深厚的热带气旋。中国国家气象局1988年以前规定：热带气旋中心附近最大风力8～11级称台风，大于等于12级称强台风。从1989年1月1日起，中国的台风标准改为与世界气象组织的标准一致：热带气旋中心附近最大风力达6～7级的称热带低压，8～9级的称热带风暴，10～11级的称强热带风暴，大于等于12级的称台风。当在有关海域内出现台风（含热带风暴和强热带风暴）时，按当年出现顺序逐个编号。如1999年出现的第1个台风编为9901。从2000年1月1日起，除对其编号外，还使用由亚太地区14个国家和地区规定的热带气旋名字，如2000年1号台风命名为“达维”，2号台风命名为“龙王”。

不同强度的热带气旋，在不同地区有不同的名称。发生在北太平洋东部和大西洋上风力大于等于12级的称飓风，8～11级称热带风暴，小于等于7级称热带低压。发生在孟加拉湾和阿拉伯海风力大于等于8级的称气旋性风暴，小于等于7级称低压。发生在南半球海洋上风力大于等于8级的称热带气旋，小于等于7级称热带扰动，有时统称威烈威烈(willy willy)。受地转偏向力的作用，热带气旋在北半球呈逆时针旋转，在南半球呈顺时针旋转。台风水平尺度约几百千米至上千千米，最大可达2 000千米，最小的不到100千米。垂直尺度可从海平面直达平流层底层。台风中心气压很低，一般在990～870百帕之间。中心附近最大风速通常为30～50米/秒，最大曾出现过110米/秒。台风中心经过的地区常有大暴雨或特大暴雨，日降雨量可达1 600毫米。

结构和天气　台风在垂直方向上，按气流的方向可分为3个层次：①低空流入层。大约1千米以下，空气强烈向中心辐合。②中间上升气流层。从1千米到10千米附近，上升气流很强，把低层流入的大量暖湿空气输送到高层。③高空流出层。大约10千米以上，气流从中心向外流出，到四周再下沉到低层形成台风垂直环流。

台风在水平方向上，按气象要素和云系的分布可分为3个区：①外层区。从台风外沿到云墙区，宽度约400～600千米。在台风外围的低层，风速从外向内急速增大，有数支螺旋状气流卷入台风区，辐合上升，促使对流云系发展，形成台风外层区的外云带和内云带及相应的数条螺旋状雨带。②云墙区。从外层区内侧到台风眼区外侧，宽度约10～20千米。由于大量潮湿空气被迫强烈上升，形成环绕中心的高耸云墙，组成云墙的积雨云顶可高达19千米。最大风速发生在云墙内侧，最大暴雨发生在云墙区，是最易形成灾害的狂风暴雨区。③台风眼区。半径约10～70千米，平均约25千米。由于云墙区内的水汽大量凝结，释放的潜热增暖了气柱，使地面气压急剧下降。当云墙区上升气流到高空后，大量空气流出，小部分空气向内流入台风中心，并下沉，形成晴朗、少云、微风的台风眼区。

形成条件和源地　形成台风必须具备4个条件：①有一个广阔的高温洋面，海水温度高于26.5℃。②当地地转偏向力大于一定数值，以保证初生的气旋性环流不致减弱。③气流垂直切变要小，使凝结潜热不会被高层强气流吹走，有利于暖心的形成。④低层存在热带扰动，导致气流上升，利于形成热带气旋性旋涡。由于赤道附近地转偏向力太小，所以在赤道附近不会形成台风，大多数台风生成于5°～20°之间的纬度带内。台风主要发源于北太平洋西部。影响中国的台风发源地主要有3个：①菲律宾以东和琉球群岛附近的洋面。②马里亚纳群岛和马绍尔群岛附近的洋面。③中国南海海面。

路径和季节　台风像陀螺一样，边旋转边移动，路径复杂。影响中国的台风路径主要有3条（图1）：①西移路径。台风从菲律宾以东一直向偏西方向移动，经南海在华南沿海、海南岛或越南一带登陆。②西北移路径。台风从菲律宾以东向西北偏西方向移动，在中国台湾、福建一带登陆；或从菲律宾以东向西北方向移动穿过琉球群岛在江浙一带登陆，消失在中国大陆。对华东地区影响最大，对内陆也有一定影响。③转向路径。台风从菲律宾以东向西北方向移动，到达中国东部海面或在中国沿海地区登陆，然后向东北方向移去，路径呈抛物线状。

台风移动速度平均约20～30千米/时，转向时较慢，转向后较快。影响台风路径的因素主要有4个：①台风的内力（有使台风向高纬度和偏西方向移动的趋势）

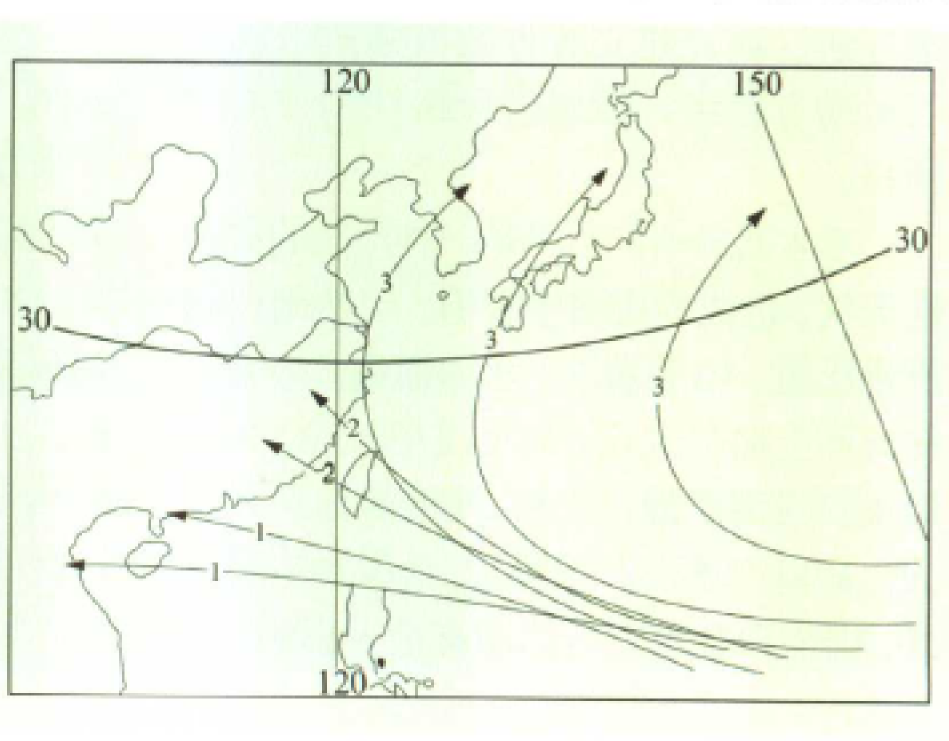


图1　西北太平洋台风路径示意图

1.西移路径　2.西北移路径　3.转向路径

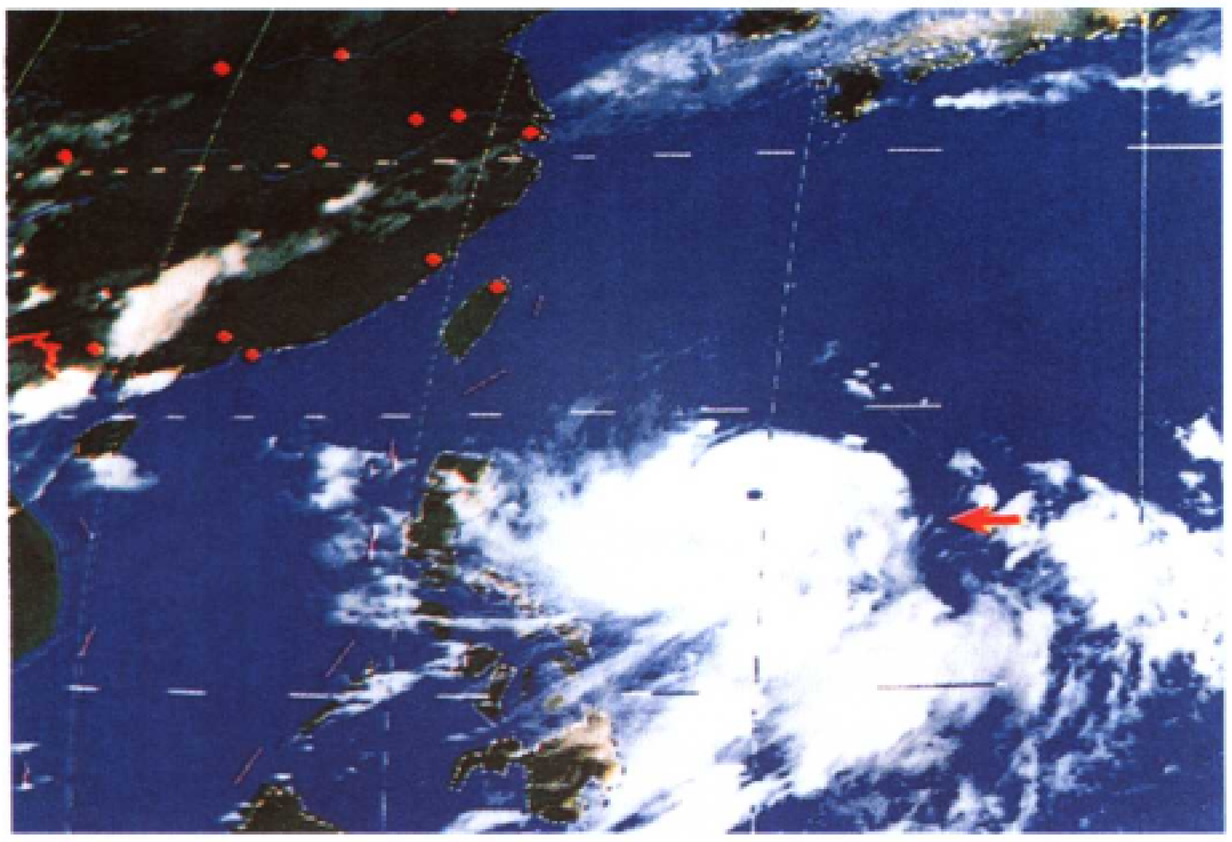


图2 台风云图

和内部偏心(有使台风沿台风区内最强风的方向移动的趋势)的作用。②大范围基本气流的引导作用。一般指500百帕等压面上的气流。③台风和四周天气系统的相互作用。如台风靠近长波槽时，槽对台风的吸附作用。④洋面温度的影响。台风有绕过冷洋面向暖洋面移动的趋向。台风多发生于暖季。西北太平洋和南海地区，平均每年发生台风28.8个，多数发生在7~10月，8、9月最多。影响中国沿海地区的台风常发生在5~9月，其中在中国登陆的平均每年8个，以广东、福建、海南和台湾等省登陆次数最多，7~9月最为频繁。台风生消周期，一般为3~8天，最长达20天，最短仅1天。

预报方法 台风路径和强度的预报方法，基本上可分为3大类：①天气图预报方法。包括卫星云图(图2)、气象雷达回波的使用。②统计预报方法。利用数理统计方法，采用合理的前期气象因子做出统计预报方程。也有利用相似因子找出历史上出现过的相似路径，做出概率最大的预报路径。③数值天气预报方法。通过建立各种数值模式求解大气运动方程组，做出台风路径和强度的预报。

危害及影响 台风是一种严重的灾害性天气。造成的灾害主要有：①暴雨引起洪水泛滥、山洪暴发、水库崩塌。②大风使海面上船只倾覆，陆地房屋被毁。③海堤决口或海潮漫过堤防，使沿海地区人民的生命财产遭受严重损失。台风对空军作战、训练和各种飞行活动有很大影响。主要是：①狂风、暴雨和强对流云系威胁航空兵的飞行安全。飞机一般不能在台风区域起降或穿越台风飞行，只能从顶端飞越或从旁边绕飞。暴雨使机场出现严重积水，甚至被洪水淹没。狂风威胁地面飞机和机场设施的安全，能把飞机吹跑、掀翻，甚至互相碰撞。②恶劣的台风天气，严重威胁空降兵的安全。大风、暴雨和积雨云使空降兵无法执行空降任务。狂风可以造成伞降人员伤害，使伞降人员不能在预定目标区着陆，而且着陆后散布面广，不能迅速集结投入战斗。③狂风可使地空导弹发射和高射炮射击产生严重偏差，影响命中率。暴雨造成道路泥泞、洼地积水、桥梁冲毁，使部队机动受到极大限制。 （王振河）

redai fengbao

热带风暴 (tropical storm) 见台风。

qiangredai fengbao

强热带风暴 (severe tropical storm) 见台风。

redai yuntuan

热带云团 (tropical cloud cluster) 出现在热带地区由中尺度对流云组成的大范围云区的统称。中尺度云体由多个对流云胞组成。这种云团是从卫星云图上发现的。云团的尺度差别很大，直径从100~1 000千米不等，平均约4个纬距。生命史从几十分钟到1~5天。

云团可分为3种类型：①爆米花状云团。尺度最小，由一些水平直径为50千米左右的积雨云群组成。多出现在南美大陆的热带地区和中国西藏的南部地区。②一般云团。常发生在洋面上的热带辐合带中。尺度较大，水平直径在4个纬距以上。发生在西太平洋地区的云团，常沿热带辐合带西移，若在中国华东、华南地区登陆，能造成暴雨天气。③季风云团。发生在热带印度洋和东南亚活跃的西南季风中。尺度最大，南北宽约10个纬距或更宽，东西长达20~40个纬距。冬季位于北纬5°~10°，8月可推至北纬20°~30°一线。云团中常产生的季风低压，有时能发展成孟加拉湾风暴，侵入印度东北部、孟加拉和缅甸，可产生特大暴雨。有时可影响中国西藏和云南等地的天气。

热带云团常与热带大尺度天气扰动，如热带辐合带、东风波、台风等相配合。在热带海洋上存在3天以上的云团易发展为台风。全球热带地区，平均每年出现600~700个热带云团，其中约1/10发展成台风。云团经过的地区常发生大风和暴雨，对飞行和空降安全以及高射炮兵的射击准确率和部队机动性都有较大影响。 （王振河）

biaoxian

飑线 (squall line) 由排列成带（或线）状的雷暴单体群组成的狭窄的强对流天气带。是一种发生突然、持续时间较短的中尺度天气系统。其水平尺度一般长约几十至几百千米，宽约几十至200千米，持续时间为几小时至几十小时。沿着飑线可出现雷暴、暴雨、大风、冰雹和龙卷等剧烈的天气现象；飑线过境时气压涌升，气温骤降，风向突变，风速急增，会对空军活动和地面兵器、设施的安全造成严重危害。

飑线的形成和发展依赖于大尺度环境条件。主要包括：大气层结呈条件性不稳定；低层水汽丰富；高、低层存在强风带(急流)，风向通常向上顺转；具有释放不稳定能量的动力机制。飑线最容易发生在发展中的地面低压东南方湿舌附近以及高低空急流交汇区。发展成熟的飑线系统，通常伴有一系列明显的中尺度对流天气特征。主要结构表现为：①飑线后方雷暴云下沉气流在近地层形成冷空气堆，即雷暴高压，可造成地面气压上升约2~5百帕。②飑线两侧有明显的水平温度梯度存在，飑线过境后温度急降。③雷暴高压前沿存在气压跳跃线，飑线过境后气压剧增。④飑线强下沉气流的前沿，两侧出现很大的风向和风速切变。⑤飑线的前方和后方都可能出现中尺度低压，气压下降可达2~4百帕。

根据飑线发生的不同地理位置，可将飑线分为中纬度飑线和热带飑线。中纬度飑线通常发生在锋面附近，并大致与锋面平行。热带飑线是热带地区的一

种移动性中尺度对流系统，可造成热带地区大量降水。两类飑线的基本特征相似，但也存在一些明显差异。热带飑线风的切变较小，不经常出现像中纬度飑线那样向前伸出的云砧，飑线区层结不稳定不如中纬度飑线强。

飑线的移动不仅与环境引导气流有关，还随发展阶段不同而异。在飑线的形成阶段和减弱阶段，移动方向与环境引导气流一致，移速较慢，为30～40千米／时。在飑线的成熟阶段，移动方向多偏于500百帕或700百帕引导气流的右侧，移速较快，一般为40～80千米／时，快的可达80～120千米／时。飑线上单体的移动方向，有时与飑线一致，有时偏向飑线移动方向的左侧，其交角一般小于60°。飑线的出现比较突然，在常规地面天气图上不易发现。空军实施气象保障中，常通过时空加密的大比例尺天气图连续分析判断，并运用天气雷达、气象卫星等手段不断地进行跟踪监测。

（刘健文）

longjuan

龙卷 (tornado)　强烈发展的对流云底部下垂的漏斗状云及其所伴随的小范围的剧烈旋风。又称龙卷风（见图）。漏斗云伸到陆地表面的称为陆龙卷，伸到海（或水）面的称为海（或水）龙卷，漏斗云不及地面或水面的称为空中龙卷。大多数的龙卷出现在有强烈雷雨时，少数出现在阵雨时，有些甚至出现在未降水的浓积云底部。



龙卷风　　郭恩铭摄

龙卷是破坏力极强的小尺度天气系统。水平尺度很小，靠近地面的直径从几米到几百米，平均约250米，最大的达1千米。移动速度平均15米／秒，最快的可达70米/秒。移动距离从几百米到几千米，个别的可达100～800千米。持续时间为几分钟到几十分钟，陆龙卷多在15～30分钟左右，空中龙卷平均几分钟。龙卷中心气压极低，据估算，中心处可低至400百帕以下，有的甚至达到200百帕。中心与外围气压差极大，可产生100～200米/秒的强风。强大的风速和巨大的气压差，具有极强的吸卷作用，能拔树倒屋，将地面的物体卷到空中，形成高大的尘柱或水柱，是破坏力极强的小尺度天气系统。如1994年6月9日，广东省南海市遭遇一次强烈龙卷的袭击，持续时间25分钟，移动距离不足10千米，但危害十分严重，刮倒房屋数百间，有人被卷离地面十多米高，一台0.6吨轻型货车被卷上二楼平台，一辆自卸车被风吹上山坡。

龙卷常出现在强冷锋、飑线、热带气旋等有强对流发生的天气系统中，形成条件与雷暴类似，但要求有更强的大气层结不稳定性，如$\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z}$达−18℃／千米，且多出现于较强的干湿舌交汇地区。据天气雷达探测，龙卷主要集中出现在母云（产生龙卷的对流云）前进方向的右前侧和右后侧，其他部位较少见。龙卷的雷达回波结构主要呈钩状、“V”形槽状和弧状。

龙卷主要发生在中纬度（20°～50°）地区。美国是龙卷出现最多的国家。中国在春夏季节也有龙卷发生。龙卷生消迅速，范围小，难以准确预报。在气象保障中，可以根据天气形势和龙卷产生的条件，判断其在某一地区出现的可能性，并通过天气雷达监测，及时发出警报，采取防范措施。

（刘健文）

hailufeng

海陆风 (sea-land breeze)　在海岸附近地区因海洋和陆地受热不均形成的一种有显著日变化的风系。白天近地面层风由海上吹向陆地，称为海风，夜间风从陆地吹向海洋，称为陆风，合称海陆风。其水平尺度可达几十千米，垂直尺度可达1～2千米。

海陆风通常在晴朗而稳定的天气条件下出现。在没有强的气压系统活动时，白天在海岸地区，地表受太阳辐射而增温，陆地土壤热容量比海水热容量小得多，陆地升温比海洋快，陆地上的空气比附近海洋上的空气温度高，由此产生热力环流，使高层风由陆地吹向海洋，低层风由海洋吹向陆地。夜间陆地温度冷却较海面快，空气环流的方向与白天相反。

海陆的温差，白天大于夜晚，所以海风较陆风强。在海陆风最强的热带地区，海风风速可达7米／秒，陆风风速仅1～2米／秒。通常海风在上午开始，13～15时最盛，日落后逐渐减弱，并逐渐转为陆风。海陆风的日变化，影响飞机起飞、着陆的方向。在沿海地区实施飞行气象保障中，需注意掌握海陆风的转变时机。同时，海风从海上带来大量的水汽，使陆地上的空气湿度增大，有时会形成低云、雾和降水，对飞行活动产生影响。

（刘健文）

shangufeng

山谷风 (mountain-valley breeze)　因山坡和谷地受热不均而引起的局地日变化的风系。当没有强的气压系统活动时，在山区，白天山坡增温快，而山谷上空同高度上的空气温度由于离地面较远而增温慢，造成水平方向的温差，由此产生热力环流，使低层风由谷底沿山坡向上吹，形成谷风。夜间山坡上的空气受山坡辐射冷却的影响，降温较快，而山谷上空同高度上的空气温度由于离地面较远而降温慢，形成与白天相反的热力环流，使低层风由山坡吹向山谷底部，形成山风。有些高原与平原之间的交界地区，也可出现与山谷风相似的局地环流。

因白天山坡受热所造成的温差比夜间辐射冷却造成的温差大，谷风的风速大于山风。谷风沿山坡上滑时，常可形成山顶积云，有时甚至出现降雨。飞机穿过山谷时，可能会遇到山地湍流而颠簸，需掌握好飞行安全高度。山谷风的日变化，还会影响飞机起飞、着陆的方向。在山区机场实施气象保障，要注意掌握山谷风的转变时间。

（刘健文）

tianqi xingshi

天气形势 (synoptic situation) 天气系统的空间分布及其显示的大气运动状态。又称环流形势或气压形势。在地面上的表现称为地面天气形势，在高空的表现称为高空天气形势。多指大范围地区的，如北半球天气形势、欧亚天气形势等。通常使用天气图分析天气形势。它能预示天气系统影响范围内天气变化的主要特点，是制作天气预报的基本依据。

天气形势的基本特征决定于行星尺度的天气系统。天气系统的发生、发展、减弱、消亡和各类天气过程的出现，都与天气形势变化有关，尤其是高空天气形势更为明显。天气形势每天都在变化，按大范围流场特征，可概括为纬向环流型、经向环流型和阻塞环流型等。每种环流型都有相应的天气过程和天气分布。当一种天气形势处于相对稳定阶段时，天气系统及相应的天气变化是渐进的和连续的；当天气形势显著变动或环流突然调整时，天气会随之发生转折性变化。把握了天气形势的变化，才能做出正确的天气预报。

传统的天气图方法制作天气形势预报，是由物理分析方法、经验预报方法和外推方法结合进行的。动力学数值预报方法对大范围天气形势预报的准确率已相当高，而对局部天气系统和过程的数值预报，准确率相对较低，尚需进行订正和解释应用，做出符合实际的天气形势预报和气象要素预报。在航空兵气象保障中，预报值班员向首长、飞行指挥员或飞行员提供天气预报时，通常讲解天气形势。 (刘健文)

tianqi guocheng

天气过程 (synoptic process) 某种天气及其相应的天气系统发生、发展、移动和消亡的演变过程。一次天气过程通常用环流特征、天气系统和物理量分布，以及出现的天气现象来描述。了解天气过程的演变规律，掌握天气过程发生、发展的条件，是分析、预报天气的重要途径。

天气过程具有不同的空间和时间尺度，即不同天气过程的影响范围和持续时间有较大的差异。例如，一次东亚寒潮天气过程可以先后影响整个亚洲东部地区，从爆发到移出中国的时间平均为3～4天；一次梅雨过程可以影响从中国长江中下游至日本南部一带，持续时间可长达1个月；而一次龙卷过程仅能影响到数百米至数千米的狭长地带，持续时间只有几分钟至几十分钟。尺度较大的天气过程是尺度较小的天气过程的背景，它制约着尺度较小的天气过程的发展(如一次大范围降水天气过程可包含若干个局地暴雨天气过程)。反之，尺度较小的天气过程也可对尺度较大的天气过程产生反馈作用，改变较大尺度天气过程的发展进程。

研究天气过程的演变规律，常针对某一类天气系统或某一类天气，根据其在历史上多次发生发展的特征，综合归纳为一种或几种典型的天气过程模式，如锋面气旋模式、寒潮天气过程模式、梅雨天气过程模式、暴雨天气过程模式等。寻找实际天气过程与典型天气过程模式的相似性，是制作天气预报的重要方法之一。根据任务的需要，分析、建立典型天气过程模式，是空军气象保障工作的一项重要内容。 (刘健文)

hanchao

寒潮 (cold wave) 从极地或副极地向中、低纬度地区爆发的大规模强冷空气活动。是一种影响范围较大的灾害性天气。寒潮冷锋经过地区，气温急剧下降，常伴有大风、雨、雪或雨凇、冻雨等。寒潮的标准各国(地区)不尽相同。中国中央气象台规定：当冷空气入侵后，地面气温在24小时内下降10℃以上，最低气温降至5℃以下，同时伴有5级以上偏北大风，作为发布寒潮警报的标准。达不到上述标准，则根据降温的程度，分别称为强冷空气活动和冷空气活动。后来中央气象台又做过若干次补充规定。

中国的寒潮主要发生在10月至次年4月，北方地区平均每年10次左右，南方地区4～5次。冷空气的源地主要有新地岛以西的北冰洋洋面、新地岛以东的北冰洋洋面和冰岛以南的大西洋洋面。其移动路径大致有3条：①西路。冷空气经中国新疆、河西走廊，从河套以西南下，侵入中国中部和南部。②中路。冷空气经河套地区直冲而下，侵入长江中下游及其以南地区。③东路。冷空气进入东北地区后，折转向南，经华北、渤海南下到长江中下游地区。

寒潮天气会对工农业生产和人民生活造成危害，对空军活动和地面设施安全也有很大影响。如，大风使飞机无法起降，强烈的降温会冻伤野外作业人员，冻雨会造成行军困难，雨凇能压断架空通信线路，造成通信中断。作出准确的寒潮预报，并采取积极的防范措施，对于避免或减少寒潮带来的损失，具有重要的作用。 (刘健文)

meiyu

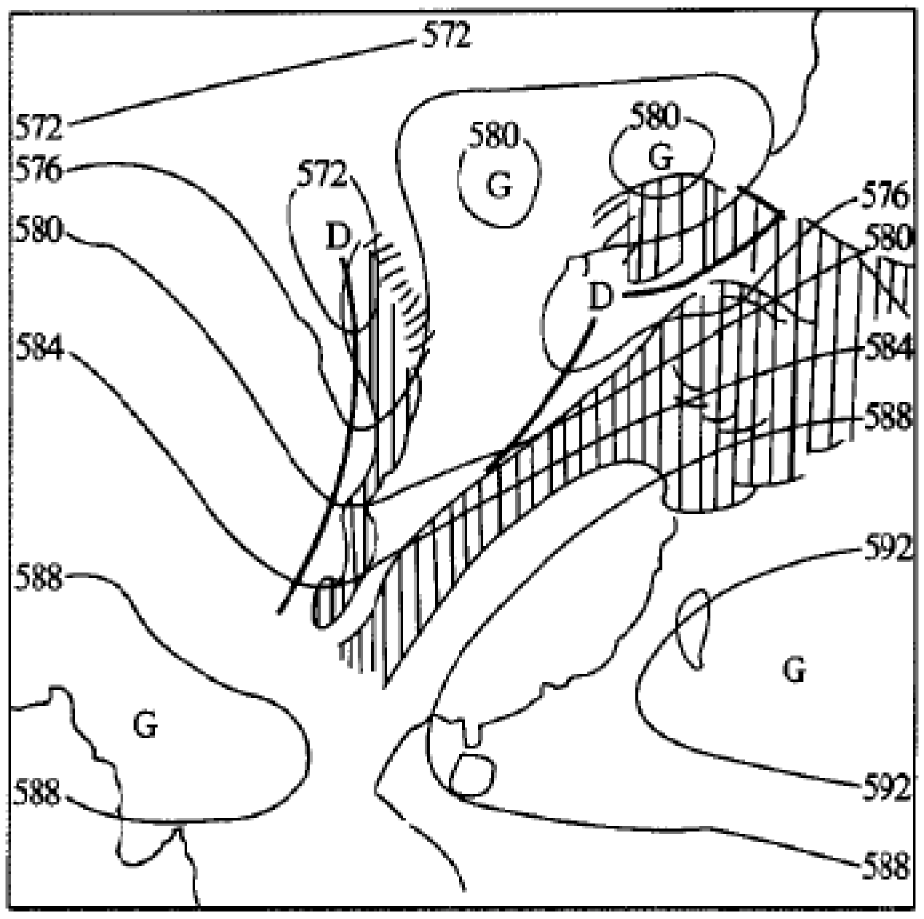
梅雨 (plum rain) 初夏梅熟时节，出现在中国江淮流域至日本南部一带，持续时间较长的阴沉多雨天气。因时值梅子黄熟，亦称黄梅雨，也因空气湿度大，器物易霉，又称霉雨。梅雨的雨带大体呈东西走向，是东亚大气环流在春、夏季节转变期间的特有现象。梅雨开始为“入梅”，结束为“出梅”。中国历书上有梅雨始日、终日的记载，与气象上确定的梅雨期有一定的联系，但不等同。

梅雨产生于西太平洋副热带高压边缘的锋区(称梅雨锋)，是极地气团或变性极地大陆气团和副热带气团相互作用的产物。不同年份的冷暖气团强度不同，入梅日期、持续时间等都有明显的变化。各地入梅时间因地理位置不同而有先后。中国江淮地区一般6月中旬入梅，日本九州南部6月上旬入梅。出梅一般在7月上旬至中旬。梅雨期约1个月，其降水量各年不同。通常，将梅雨期不到5天、总降水量不超过60毫米的年份称为空梅年。梅雨期内，由于北方弱冷空气频繁南下，至副热带高压边缘与偏南暖湿气流相交汇，使滞留在长江中下游一带的梅雨锋上多中尺度天气系统活动，其降水一般为连续性，但常间有阵雨和雷雨，有时可达暴雨程度。云层中常有隐蔽的积雨云，加之地面能见度差，对飞行安全威胁较大。高温、高湿易使地面武器装备锈蚀，弹药及航空物资受潮或变质。

(刘健文)

tianqi fenxi

天气分析 (synoptic analysis) 运用天气学和动力气象学原理和方法，对天气图和各种气象观探测资料进行的分析。目的是了解气象要素场和天气系统的水平分布和空间结构，弄清天气系统和天气变化的关系及其演变的过程和原因，



500百帕系统和云系的配置示意图

进而判断未来天气变化的趋势，为天气预报提供依据。

简史　天气分析的内容随计算机、通信和大气探测技术的发展而不断丰富。19世纪，只局限于地面单站气象资料和地面天气图。20世纪20年代末发明无线电探空仪后，天气分析从二维平面扩展到三维空间。40年代末，天气雷达的使用，为降水系统和强风暴系统的水平结构和垂直结构的分析提供了条件。60年代初，气象卫星发射成功，卫星资料也成为天气分析中的重要内容。

内容　天气分析主要包括：①天气图分析。在天气图上，分析一定地区的天气系统和大气状态。其中包括气压场、气温场、湿度场和风场分析等。在此基础上，分析锋面和气压系统等。②探空资料分析。利用探空仪获得的大气状态垂直分布资料，分析云层高度和厚度，可能产生飞机颠簸、飞机积冰的层次，以及产生强对流天气的热力条件；根据沿航线测站的探空资料，制作航线天气剖面图，分析航线天气。③雷达资料分析。利用天气雷达、多普勒气象雷达、气象激光雷达、声雷达等探测资料，分析几百千米范围内的天空云况、大气物理状态和大气运动情况。④卫星资料分析。利用卫星云图、卫星测风、卫星探空等资料，分析全球大气中的云、风、气温、气压、湿度等的分布情况。

方法　天气分析的方法主要有：①诊断分析。利用大气观探测资料计算各种大气物理量，并通过大气动力方程和物理方程对大气环流和天气系统进行定量分析，以进一步了解天气系统发生、发展的物理机制。常用的物理量有能量、垂直速度、涡度、散度、水汽通量、热力学参数等。例如能量诊断分析，就是从能量方程出发，计算引起能量变化的各种因子，分析它们的维持、平衡和转换等问题。通常动能的增加意味着天气系统的发展；相反，常使天气系统趋于衰亡。②客观分析。相对于早期手工操作的主观天气分析，使用计算机模仿人工操作，把气象要素值内插到网格点上作为数值预报初值的分析，称为客观分析。客观分析的项目除了天气图资料外，还有雷达和卫星图像识别等。现代的客观分析提出了大气总体系统的分解、协调和优化的理论模型，将资料分析和天气预报联系在一起，推动天气分析预报向系统化、工程化和自动化方向发展。③综合分析。应用各种分析结果，综合分析天气现状和演变，是天气预报业务自动化中一种常用的分析方法。在天气预报工作站投入使用后，这种方法得到有效的应用。经过对各种气象资料的空间同化处理，可方便地实现各种分析结果的自动叠加显示。　　（李洪勅）

tianqitu

天气图　(synoptic chart)　描述一定区域在特定时间的大气状况的气象图。通常填有各地同一时刻的气象观测记录，绘有等值线、天气区和气象符号，能显示各种天气系统和天气现象的分布及其相互关系，是分析判断天气变化、制作天气预报和实施气象保障的基本工具。

简史　1820年，德国H.W.布兰德斯将过去各地的气压和风的同时间观测记录填入地图，绘制了世界上第一张天气图。1851年，英国J.格莱舍在英国皇家博览会上展出第一张利用电报收集各地气象资料而绘制的地面天气图。1856年，法国莱伐尔首次把地面天气图正式运用在天气预报上。20世纪30年代，世界上建立高空气象观测网之后，开始有了高空天气图。

分类　天气图主要有地面天气图、高空天气图和辅助图。通常讲的天气图主要是指前两种。地面天气图和高空天气图都是绘制在特制的地图上的，按图面范围的大小，有全球天气图、半球天气图、热带天气图和区域天气图等。天气图上的气象观测记录，由世界各地的气象站用接近相同的仪器和统一的规范，在相同时间观测后迅速集中而得。

地面天气图　也称地面图。在地面图各气象站的相应位置上，按一定格式（图1）填写该站某时刻的气象要素观测记录。主要有：气温，露点温度，风向和风速，海平面气压，过去3小时气压变化倾向和过去3小时气压变量，有效水平能见度，总云量和低（中）云总量，高云、中云和低云的云状，最低云层的底部高度，现在天气现象和过去天气现象，过去6小时降水量，重要天气现象（如雷暴、大风、冰雹、龙卷）等。根据图上各站的观测记录，分析绘出等压线、等变压线，各种天气区，高、低压中心和锋的位置。这种天气图综合表示了某一时刻地面锋、气旋、反气旋等天气系统和雷暴、降水、雾、大风和冰雹等天气所在的位置及其影响的范围（图2）。地面天气图通常每天绘制4次，分别用北京时间02时、08时、14时、20时的观测资料。根据气象保障任务的需要，有时也填绘05时、11时、17时、23时的地面图。

气温　风速　风向	高云状 中云状	海平面气压
现在天气现象	总云量	过去3小时气压变量及倾向
有效水平能见度	低云状	低（中）云总量 过去天气现象
露点温度	最低云层的底部高度	过去6小时降水量
		重要天气现象

图1　地面天气图填写格式

高空天气图　也称高空等压面图或高空图。常用高空天气图的标准等压面为850、700、500、300和200百帕，它们对应的平均海拔高度分别为1 500、3 000、5 500、9 000和12 000米。某一等压面的高空图填有各探空站或测风站在该等压

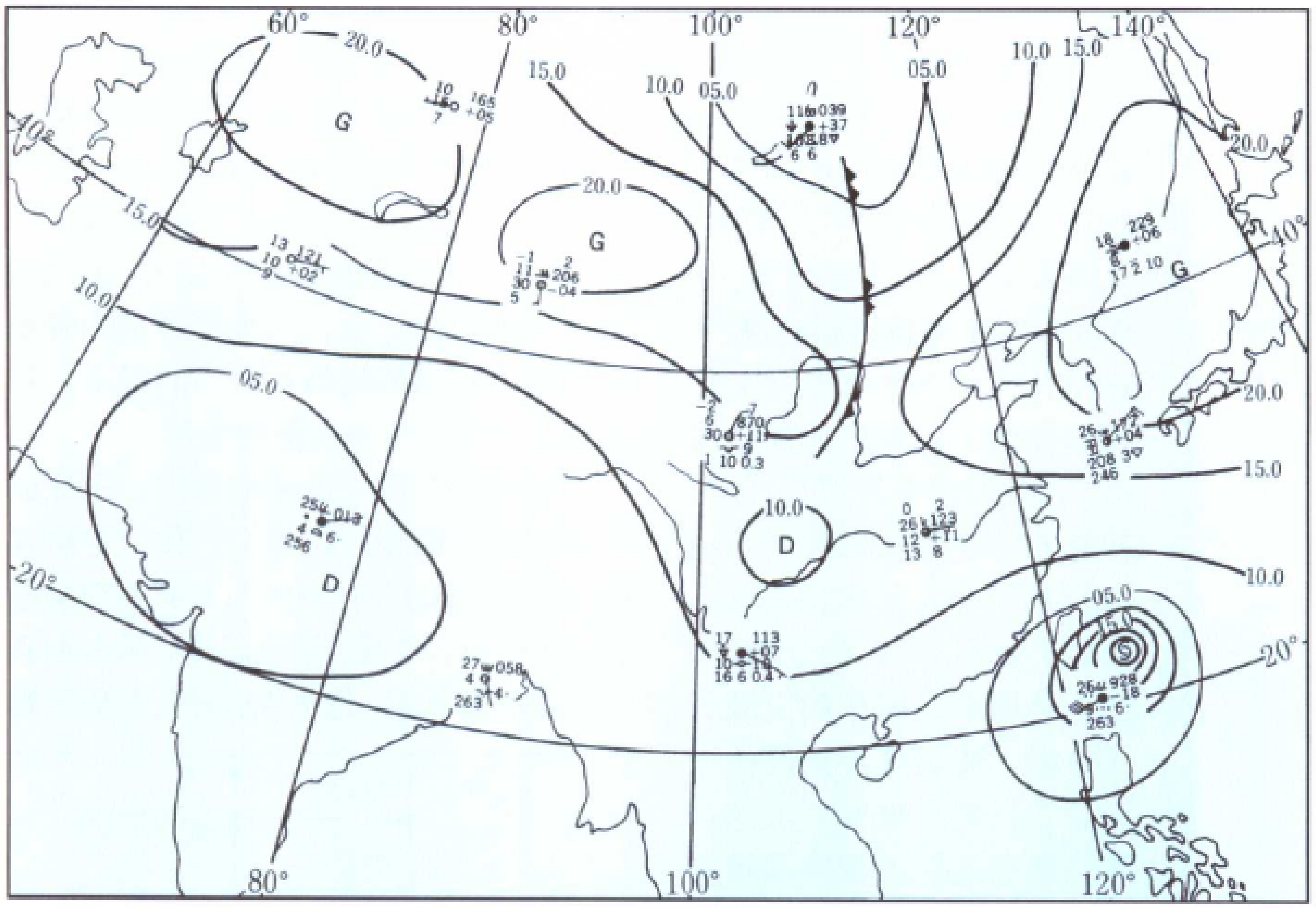


图 2　地面天气图

面上测得的位势高度、气温、温度露点差、风向、风速等观测记录。根据各站有关要素的数值，分析绘出等高线、等温线、高低压中心和冷暖中心以及低压槽的位置。高空天气图用北京时间08时、20时的观测资料，每天绘制2次。

辅助图　主要有航空区域天气实况图、天气实况演变图、温度对数压力图、剖面图、变量图等。①航空区域天气实况图。填有军队机场地面天气观测报告、地方航空天气报告和危险天气报告的区域图。简称实况图，也称小天气图。填写格式与地面图相近，分析绘有等压线和天气区等。一般每小时填写1张。由于空间密度和时间密度大，是监视航空危险天气，制作短时天气预报、实施气象保障的重要工具。②天气实况演变图。横坐标和纵坐标分别为时间和测站，以表格形式填写的实况图。空军通常根据飞行气象保障任务的需要，选取若干台站的逐时天气实况来制作天气实况演变图。这种图能及时而详细地反映出执行任务区域内天气变化的情况。③温度对数压力图。根据干空气绝热方程和湿空气绝热方程制作的图表。图上印有等压线、等温线、干绝热线(等位温线)、湿绝热线(等相当位温线)和等饱和比湿线。将某一测站各高度的气压、气温、湿度记录填在图上，可分析该站上空大气稳定度状况，判断云层的分布、厚度，计算表征大气温、湿特性的各种物理量。④剖面图。用于分析气象要素在垂直方向的分布和大气的动力、热力结构。图上填有各标准等压面和特性层的气温、湿度、风向、风速记录，绘有等温线、锋面上、下界等。剖面图又分为空间剖面图和时间剖面图两种。前者如果是沿飞行航线的常称为航线剖面图，用沿航线多个探空站同一时刻的探空资料绘制，表示某时刻航线上垂直剖面的大气物理特性；后者用单站连续多个时次的探空资料绘制，表示某一时段内该站上空大气状况随时间的演变情况。⑤变量图。又称趋势图，反映某气象要素过去若干小时变化的分布状况。常用的有24小时变高图和变温图。较强的大范围气象要素变量区，对该要素的未来变化趋势有一定的预示性。⑥传真天气图。以传真方式传送的天气图。亦称传真图。通常由国家或区域气象中心按一定时间播发。常用的传真天气图有天气分析图、数值天气预报图等。

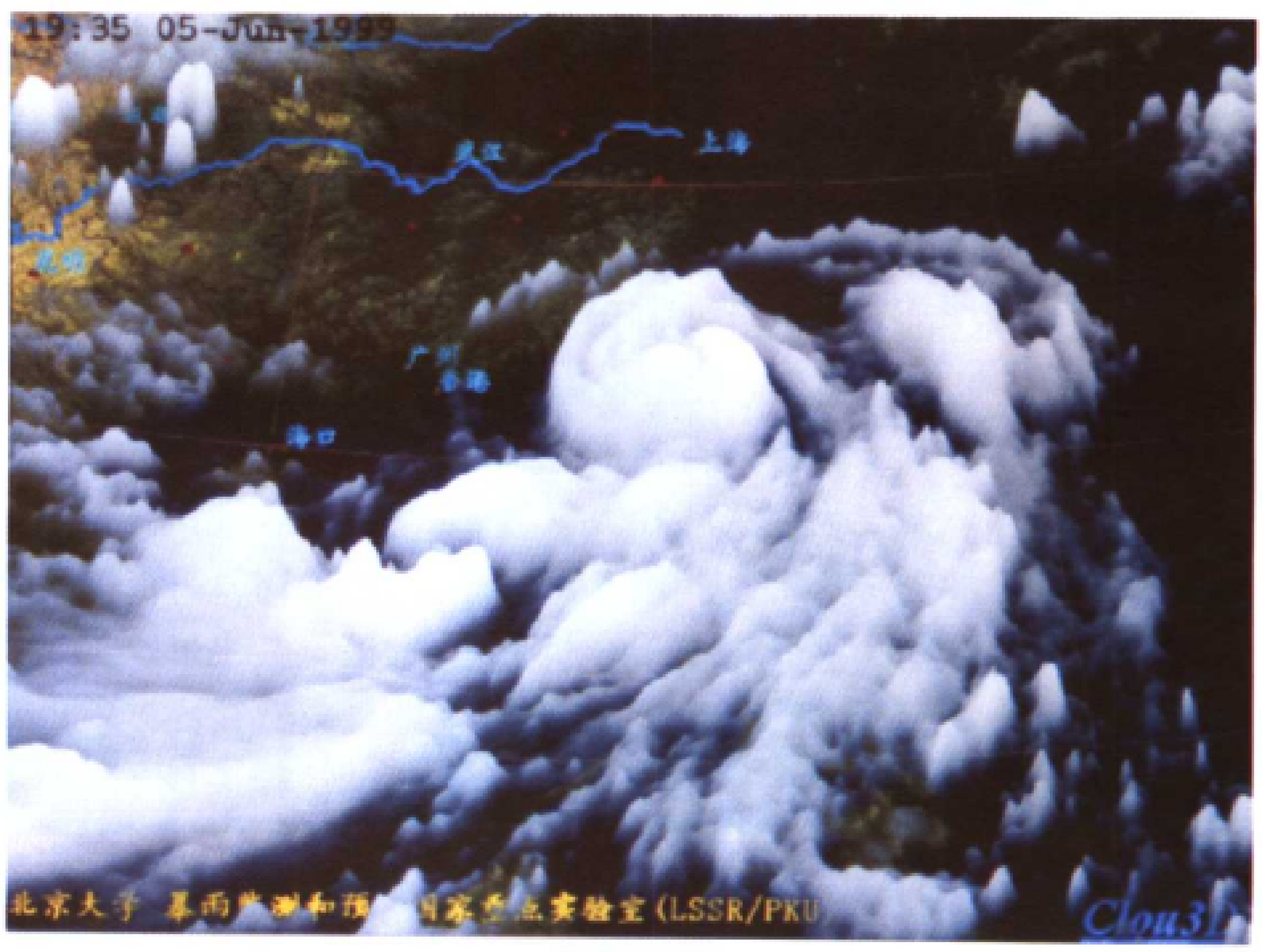
（徐　宏）

weixing yuntu

卫星云图　(satellite cloud picture)　由气象卫星自上而下拍摄并发送到地面接收站，显示地球上云层覆盖和地表特征的图像。云图上定有经线和纬线，通过分析云的分布特征，可以判断各地上空存在的不同天气系统；从连续拍摄的云图上可以追踪天气系统的移动和发展，推导出空中风的分布等。是进行天气分析、预报的重要资料，对保障空军活动有重要意义。

卫星云图按照气象卫星上的仪器设备及其选用探测波段的不同，分为可见光云图和红外云图；按照气象卫星上电视摄像机的精度和扫描辐射仪的瞬时视场大小，分成高分辨率云图和低分辨率云图；按照气象卫星运行轨道的不同，分为极轨卫星云图和静止卫星(地球同步卫星)云图。

可见光云图是通过卫星探测仪器测量云和地表面对太阳辐射可见光波段(约0.5～0.7微米)的不同反射能力获得的。在可见光云图上，白色表示物体对太阳光反射率强，黑色表示反射率弱。通常，云层越厚，对可见光的反射率越强，在云图上显得越白。可见光云图只有在白天才能获得。红外云图是通过卫星探测仪器测量云和地表的红外波段(约10～20微米)辐射获得的。这种辐射与云、地表面等物体自身的温度成正比，与太阳光无关，昼夜均可测到。在红外云图上，最白的部位代表最冷的表面，最黑的部位代表最暖的表面。通常，厚而高的云辐射量大，云顶温度较低，在云图上呈现白



卫星云图



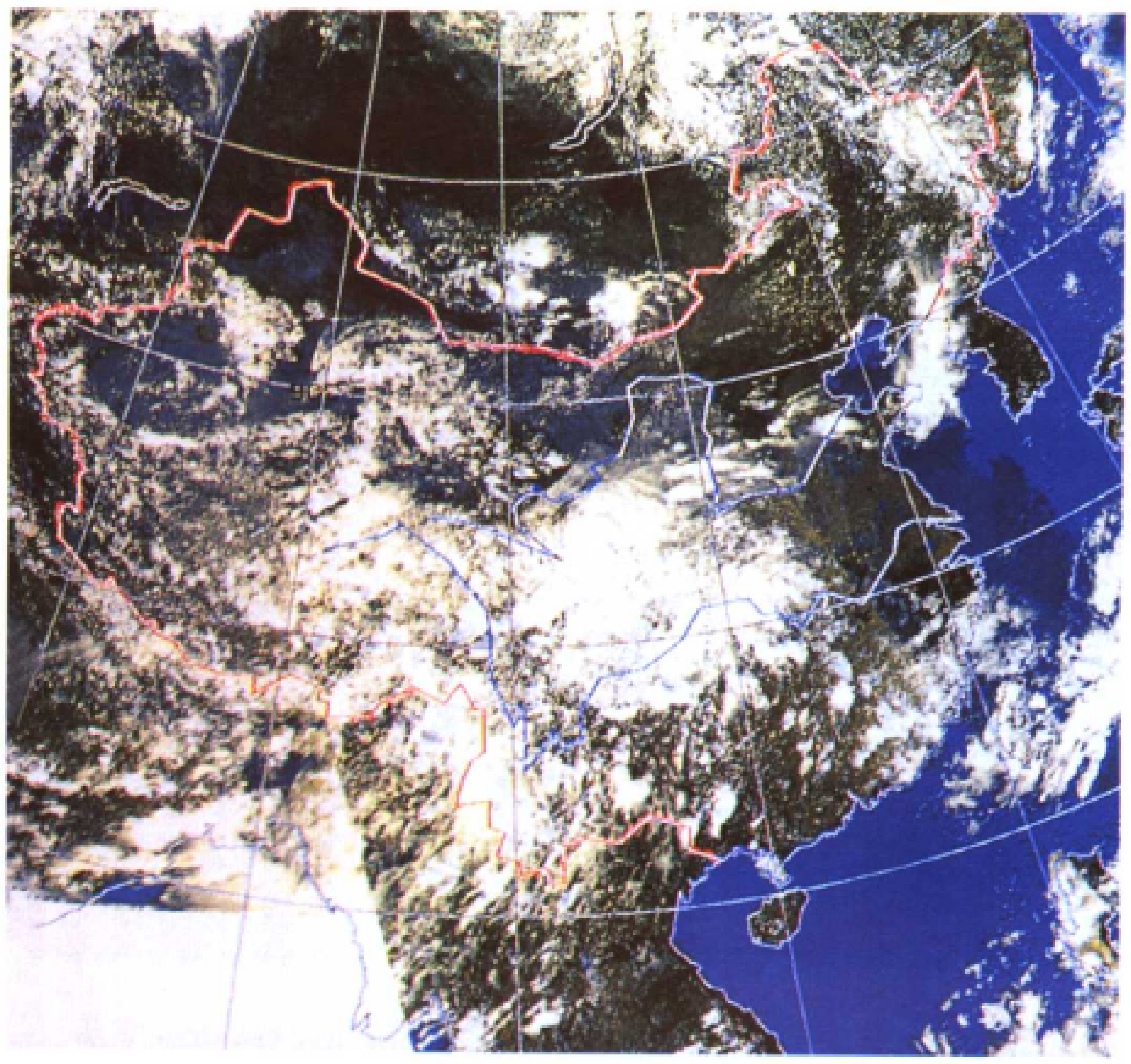
日本GMS－4静止气象卫星云图

极轨气象卫星的运行轨道通过极区附近，离地高度约850千米。卫星的轨道位置在空间几乎是固定的，由地球在卫星下面的自转而完成对全球地表的观测。连续接收的轨道中，扫描区域在赤道彼此相接，在极地则重叠。极轨气象卫星每天观测同一地区两次，经过拼接，每12小时可得到一张覆盖全球的云图。静止气象卫星环绕地球的赤道上空，离地高度约35 800千米，运行周期与地球自转周期同步。静止气象卫星的扫描是在自旋中完成的，通常每30分钟左右可得到一幅全圆盘形云图。时间分辨率高是其优点。如果只观测某一小的区域，还可获得更高频次的图像。与极轨气象卫星云图相比，静止气象卫星云图有两个缺点：一是轨道离地远，云图的空间分辨率受到限制；二是从赤道上空向高纬度地区斜视，使得高纬度地区云图出现扭曲现象。

色。利用增强显示装置，可以将红外云图显示成7～9个黑白层次不同的图像。根据云图上的色调差异，可以判断云顶的高低，也可以识别海冰、陆面积雪，监测森林火灾等。利用增强显示设备还可以把黑白显示改为彩色显示，以突出某些温度范围。如用红色、黄色表示高温，蓝色、绿色表示低温等。这种显示不同温度范围的彩色云图，叫做伪彩色云图。

分辨率的高低是衡量卫星云图质量高低的一个重要指标。分辨率高，便于识别云中细微结构，对天气分析、预报等有重要作用。军用气象卫星云图有较高的分辨率，星下点的分辨率可达500米。

在卫星云图上，不同的云型特征反映不同的天气系统。例如，台风表现为由外向内逆时针旋转的螺旋云带，台风的眼部表现为一黑色小圆点；高空急流表现为反气旋性弯曲的带状云型，通常在极地一侧光滑清晰；中高纬度洋面上高空槽云系呈现逗点“，”形状，称逗点云系。根据卫星云图上的云型特征，以及它们的连续变化，可以识别不同的天气系统，确定其位置和强度，判断其发展、演变趋势。尤其是静止气象卫星所获得的高分辨率云图，时次较多，对于监测对飞行活动影响较大的中小尺度天气系统（如雷暴、飑线、暴雨等）的发生、发展和移动，保障空军安全、顺利地遂行各项任务，具有重要的作用。借助卫星云图，在平时可以提高天气预报准确率，尤其是提高短时天气预报准确率；在战时可以成为重要的气象情报来源，特别是在分析掌握大范围天气变化方面有更突出的作用。



中国“风云”1号气象卫星云图

（李有来）

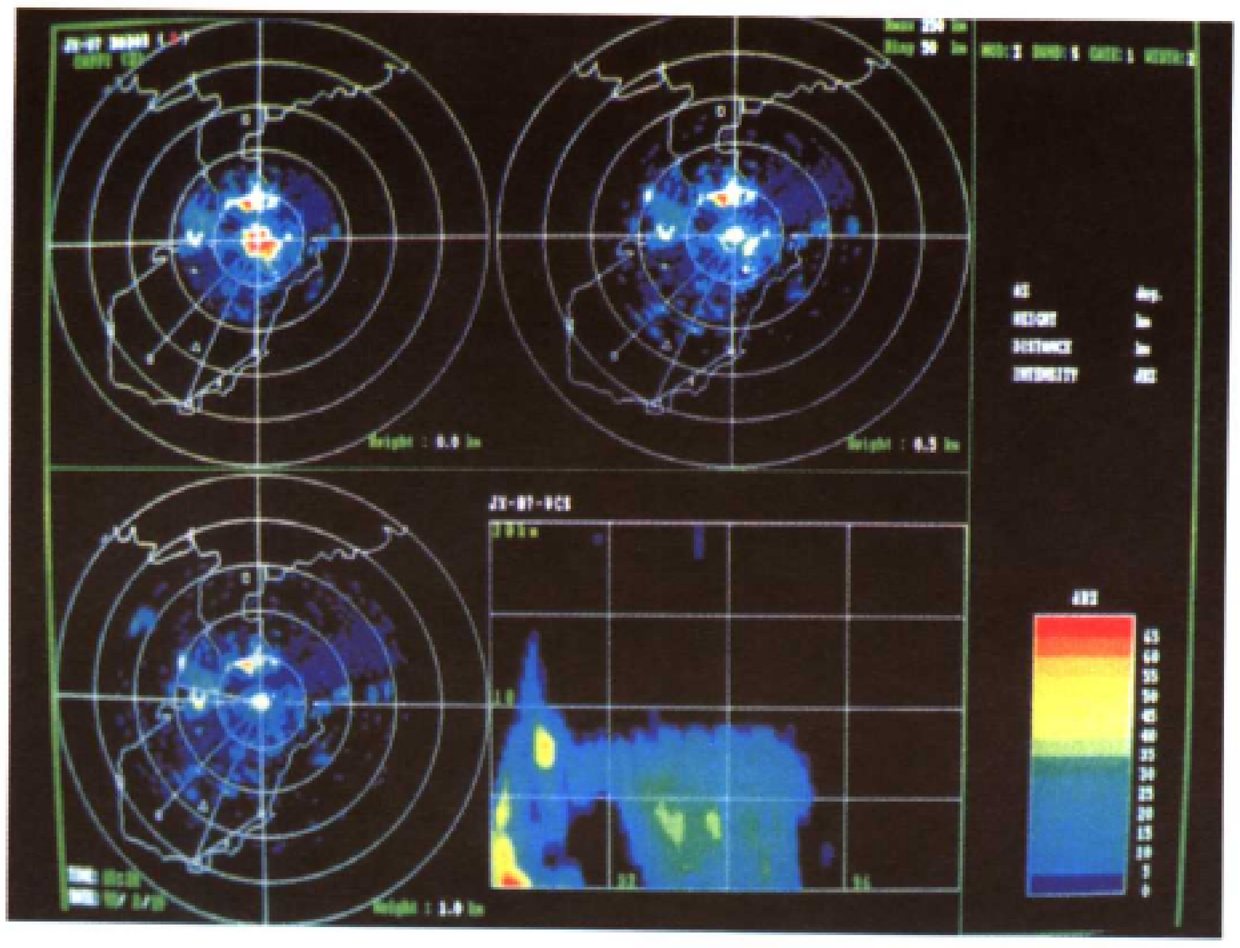
tianqi leida huibotu

天气雷达回波图 (synoptic radar echo chart)　由天气雷达探测得到的各种天气回波图像的统称。通常把由单部天气雷达探测得到的天气回波图像称雷达回波图；把多部雷达同时探测、经技术处理拼接而成的天气回波图像称雷达回波综合图；把在雷达天线仰角固定时探测得到的天气回波平面图像（包括回波的平面位置、范围及强度等）称平面位置显示图；把在雷达天线方位角固定时探测得到的天气回波立体图像（包括回波的垂直形状、高度、厚度及强度等）称距离高度显示图。

在天气雷达回波图上，不同性质的云、降水和天气系统等，具有不同的特征。利用天气雷达回波平面位置显示图和距离高度显示图，分析、判断云和降水的性质、结构、分布，监视台风、暴雨、冰雹、雷暴以及龙卷等强对流天气演变情况，对于制作短时航空天气预报和实施飞行气象保障有重要作用。

云的回波特征　回波强度弱，底部不及地。①层状云回波。一般呈层状或薄膜状，强度很弱，边缘不整齐，顶部、底部较平缓，依据回波所在的高度可区分出高、中、低云。②对流云回波。在平面位置显示图中为分散、孤立小块状，尺度在几百米至1千米左右；在距离高度显示图上呈柱状，底部不及地。

降水的回波特征　回波强度较强，底部及地。①层状云降水回波。呈均匀片状，面积较大，边缘模糊，其内部有较密实的区域。常有与地面平行的强回波带，位于气温0℃层附近，称为零度层亮带。②对流云降水回波。通常由许多分散的回波单体组成，水平尺度在几千米至几十千米，内部结构密实，边界清晰，回波强度大，顶部常呈现出砧状，高度一般在6～7千米以上，最高可达20千米，一般无零度层亮带。③混合型降水回波。外形似棉絮状，回波范围大，边缘支离破碎，没有明显的边界，其中夹有一个个结实



天气雷达回波图

的团块，强度分布不均匀。絮状回波常常是出现连阴雨天气的征兆。④其他类型降水回波。雪回波水平范围比连续性降水回波大，强度弱，分布均匀，缕状结构明显，边缘发毛看不出确定的边界，顶高一般3～4千米，较强回波区在2千米以下；阵雨回波结构均匀，呈条状；沙尘暴中的降水回波表现为具有混乱的蜂窝状结构。

强对流天气的回波特征　①强对流单体回波。在发展阶段，强回波中心在云体的中上部，回波不及地；在成熟阶段，强回波中心的高度接近地面，回波顶部出现砧状或花椰菜状，水平尺度可达几十千米到上百千米；在减弱阶段，回波强中心在地面附近，垂直高度降低，甚至在中空断裂消散。回波单体总是处在不断的新生、发展和消散之中，生命周期约为数十分钟，包含几个单体的大块雷暴云，生命史可达几小时。②冰雹云回波。在平面位置显示图上，常出现“V”形缺口、入流缺口、指状回波、钩状回波以及回波空洞等；在距离高度显示图上，回波柱粗大、高耸、陡直，顶部呈花椰菜状或砧状，并常出现弱回波穹窿和尖顶状假回波。判别冰雹云常用的回波参数有：回波顶高、回波强度，以及回波负温区厚度与正温区厚度的比值、强回波区顶高和相应的温度等。③飑线回波。表现为由强对流回波单体组成很窄的一条或两条以上强回波带。结构有紧密排列、规则排列和离散排列3种基本类型。④下击暴流回波。常具有钩状或弓状的形态特征。

冷锋的回波特征　通常由排列成带的许多对流回波单体组成，回波强度随冷锋强弱和季节不同，有较大差异。当冷锋距测站约300千米时，一般开始出现有排列成行的离散回波块；当冷锋移近测站时，回波带中的单体变大，形成一条连贯的对流回波带。冷锋对流回波带的宽度和回波排列情况的改变，反映冷锋的强度变化。当冷锋较强时，回波带较窄，回波单体排列整齐；当冷锋减弱时，回波带变宽，回波单体排列零乱。移动缓慢的弱冷锋，回波带宽度较大，强度较弱，呈絮状，带状特征不明显，但回波区后沿清晰。

暖锋的回波特征　在稳定性暖锋降水区，回波连接成片，边缘呈缕状或絮状，强度分布均匀，可见零度层亮带。在不稳定性暖锋降水区，大片均匀的降水回波中，夹杂有排列成带的较强对流单体，可见到水平的零度层亮带和垂直柱状的对流单体回波同时存在。暖锋回波强度变化小，移动缓慢。

低气压天气系统的回波特征　在低气压的前侧和中心附近，一般是絮状回波，呈涡旋结构，范围大，直径可达150～300千米。当有对流回波带移出锋区与暖区中的中纬度低气压结合时，往往对流发展强烈，产生较强降水，甚至出现冰雹、大风等强对流天气。

台风的回波特征　通常有多条向着台风中心附近辐合的螺旋形回波带。在台风中心移向的前方400～600千米处，常存在着窄而轮廓分明的飑线回波带。离台风中心较远处是外螺旋云带，一般伴随对流性降水。靠近台风中心是内螺旋云带，常是大范围的层状云连续性降水。在螺旋回波带中心有一个圆形的围绕无回波空洞的强回波圈，是对流发展最旺盛的台风眼壁回波，高达十余千米。螺旋云带中心的无回波区，为台风眼。一般强台风的台风眼小而圆，螺旋回波带强度大，范围广，结构紧密，边缘清晰，接近圆弧形。台风的移向通常与台风前飑线的走向、螺旋回波带的混合或密集处的位置及台风眼壁回波中最强回波区的位置等有关。利用天气雷达回波图可以较好地跟踪台风，准确判断其位置、强度及移向。

利用多普勒天气雷达回波图像，还可确定不同高度处径向风速的大小和方向，获得有关垂直风切变、急流和风速最大值的详细信息；识别与低压槽和锋面系统相对应的风向切变，并测量其移动速度的大小和方向。

（刘金玉　李锡元）

hangkong tianqi yubao

航空天气预报　(aviation weather forecast)　对未来一定时空范围内影响飞行活动的天气作出的预测。是保障航空兵顺利遂行作战、训练和其他飞行任务，保证飞行安全的重要依据，也是军事航空气象学研究的一项重要内容。要求内容详细、具体，用语确切、规范，并依据保障任务的性质、缓急程度和所要求的气象条件，把对遂行飞行任务影响大、飞行指挥人员最关心的天气作为预报的重点。空军航空天气预报通常由各级气象中心、气象台（室）等保障机构，按照责任分工和任务要求，定时与不定时制作。

预报分类　按预报的空间范围，分为航站（机场）天气预报、航线（航路）天气预报和区域天气预报。

航站（机场）天气预报　以机场为中心半径50千米范围内的天气预报。预报的内容主要包括：各层云的云量、云状、云底高，天气现象，地面风向、风速、水平能见度等，以及它们随时间的变化情况。直接用于保障飞行的航站（机场）天气预报，还应包括云蔽山、飞机积冰、飞机颠簸，以及飞行高度上的风向、风速、气温等。空军各级气象中心、气象台（室）通常每日定时制作12小时和24小时本站（或指定航站）天气预报；有保障任务时，根据任务的要求随时制作。

航线（航路）天气预报　自起飞机场到降落（备降）机场或目标区的飞行航线及其两侧各10千米范围内的天气预报。预报的内容主要包括：航线（航路）上各层云的云量、云状、云底高（预计对飞行有影响的云层，还应包括云顶高），雷暴、降水等天气现象，飞行高度上的风向、风

速、气温、飞机积冰和飞机颠簸，以及对飞行有影响的其他项目。当航线较长且航线地形复杂时，常分航段制作预报；当航线天气复杂时，还需附航线天气剖面图。航线（航路）天气预报，通常按任务的需要，在起飞前1小时以天气报告表的形式作为飞行文件提供给飞行员和飞行管制人员。预报的有效时限为从预计的起飞时刻起，至预计飞行结束时刻后1小时止。起飞时间延迟1小时以上时，应视情况修订、补充，或延长其有效时间。

区域天气预报　包括指挥责任区、飞行空域或遂行任务地区的天气预报。预报的内容通常与航站（机场）天气预报相同；用于保障任务的，视任务的需要有所侧重。当预报区域内天气的分布有明显差异时，常分片制作预报。

航空天气预报还可按预报的时效长短，分为短期（0～72小时，其中0～6小时为短时）天气预报、中期（4～10天）天气预报和长期（10天以上）天气预报。空军制作航空天气预报，以短期天气预报为主。对于危及飞行及地面兵器、设施和人员安全的天气还及时发布危险天气警报。

预报方法　航空天气预报通常包括形势预报和要素预报。

形势预报　对未来某时段内各种天气系统的生消、移动和强度变化的预测，是气象要素预报的基础。预报方法主要有天气图预报和数值预报（见航空数值天气预报）方法。天气图预报方法是根据天气学原理，以天气图及其他辅助图表为工具，分析判断未来天气形势的变化。常用的有：①经验外推法，又称趋势法。从分析天气图上各种天气系统过去的位置和强度变化入手，结合有关图表资料，根据天气学原理和预报员的实践经验，外推其未来演变。②相似形势法，又称模式法。从大量的历史天气图中分析、归纳出各类天气系统发生、发展模式或从历史天气资料中，挑选出与当时天气形势相类似的天气过程，参照该模式或该天气过程后期演变情况进行预报。③统计资料法。根据历史气象资料，对不同季节出现的各种天气系统的发生、发展和移动情况进行统计分析，从中找出预报指标用于预报。

要素预报　对某地区未来某时段内影响航空活动的风、云、能见度、气温和天气现象等的预测。预报方法主要有：①数值预报法（见航空数值天气预报）。②经验预报法。在天气形势预报的基础上，根据天气系统的未来位置和强度以及预报员的经验，对未来的天气分布做出预测。③统计预报法。在分析历史天气资料中，找出大气状态的变化与前期气象因子的相关性，运用回归方程和概率原理，筛选预报因子，建立预报方程，将近期气象要素代入方程进行预报。④统计—动力预报法。将数值预报方法算出的未来气象参数作为预报因子，用回归方程求得一组预报公式，做出要素预报。

航空天气预报的每一种预报方法，都有一定的局限性。制作航空天气预报时，需要充分利用各种气象资料，综合运用各种预报方法。也可根据这些预报方法，模拟航空气象专家的预报思路和决策过程，制作解决航空天气预报问题的计算机人工智能系统（见航空天气预报专家系统），进行推理和判断。当预计天气转折或保障重要任务时，气象中心、气象台（室）通常组织预报人员集体讨论天气（见图），并与有关气象部门进行天气会商。当发现提供的天气预报（或天气警报）与可能出现的天气出入较大时，还及时进行订正。



气象预报人员集体讨论天气

预报保障　空军各级气象中心、气象台（室）等保障机构，设立气象值班参谋（或预报员），以天气咨询、书面报告、现场保障和信息传输等方式，及时向值班首长、飞行指挥员、飞行员和飞行管制人员等提供各种任务所需的航空天气预报。在各军（兵）种联合作战、演习、训练中，按照协同规定和任务要求，及时向其他军（兵）种提供任务所需的航空天气预报。

展望　随着现代科学技术的发展和军事航空活动的需要，航空天气预报将进一步实现客观定量化，预报准确率将不断提高。延长航空数值天气预报的时效、提高中小尺度天气的预报水平和拓宽航空天气预报的内容，是航空天气预报技术的重要发展方向。

（张国杰）

hangzhan tianqi yubao
航站天气预报　（airdrome weather forecast）　见航空天气预报。

hangxian tianqi yubao
航线天气预报　（air route weather forecast）　见航空天气预报。

quyu tianqi yubao
区域天气预报　（area weather forecast）　见航空天气预报。

duanqi tianqi yubao
短期天气预报　（short-range weather forecast）　未来0～72小时以内的天气预报。空军各级气象中心、气象台（室）按照责任区分定时和不定时制作。定时制作的短期天气预报，一般为航站或区域天气预报。预报时效一次为当日06～18时，另一次为当日18时至次日18时。预报内容主要包括各层云的云量、云状、云底高，天气现象，地面水平能见度、风向、风速，日最低和最高气温等。不定时制作的短期天气预报，其时效、种类和内容根据气象保障任务的需要而定。制作短期天气预报，通常以天气图和统计预报、数值预报等方法为主，结合应用气象卫星、气象雷达等探测资料，进行综合分析判断。短期天气预报是空军天气预报业务的重要项目，是实施气象保障任务的主要内容，也是指挥员指挥决策的基本依据。

（王宇忠）

duanshi tianqi yubao

短时天气预报 (short-time weather forecast) 未来0～6小时以内的天气预报。其中0～2小时以内的天气预报，又称临近天气预报。主要为保障任务的实施和防范危险天气而制作和发布。预报内容和用语依据保障任务的需要而定，要求详细具体，重点是影响空军活动的风、云、能见度、气温、气压和各种天气现象等。制作短时天气预报，通常是在短期天气预报的基础上，以气象雷达、气象卫星、气象观探测网和航空危险天气报网等为主要监测手段，综合分析、判断天气变化。短时天气预报是空军气象中心、气象台(室)实施气象保障尤其是航空兵飞行气象保障的重要内容，对保障任务的实施有直接的影响。

（王守忠）

zhongqi tianqi yubao

中期天气预报 (medium-range weather forecast) 未来4～10天内的天气预报。中国人民解放军空军20世纪50年代中期正式建立中期天气预报业务。通常由空军各级气象中心制作发布，气象台(室)结合本地天气和气候特点，对上级气象中心发布的中期天气预报进行补充订正。中期天气预报以研究天气过程的发展演变为主，主要包括4～5天的天气预报、周天气预报、旬天气预报。其内容通常为天气过程概况、逐日的云、降水、大于等于6级的风等。针对保障任务制作发布的中期天气预报，预报的内容根据需要而定。预报方法主要有天气图方法、数值预报方法和数理统计方法等。随着预报技术水平的不断提高，中期天气预报已成为空军各级司令部制定作战、训练和其他飞行计划的主要依据，对于提高飞行日利用率和实施重大任务的气象保障，将起到越来越重要的作用。

（茅卫平）

changqi tianqi yubao

长期天气预报 (long-range weather forecast) 未来10天以上的天气预报。中国人民解放军空军20世纪60年代初期正式建立长期天气预报业务。通常由军区空军以上气象中心制作发布。主要包括月天气预报和汛期天气趋势预报。内容通常为平均降水量、平均气温、天气过程等。针对保障任务制作发布的长期天气预报，其时限、内容根据需要而定。

长期天气预报常采用相关、相似、周期、韵律等统计学方法制作。80年代以来，国内外对长期天气变化的物理机制和长期数值预报方法进行了较多的研究。太阳黑子活动，太平洋和赤道海面的洋流、温度等状况，以及青藏高原的积雪，两极的积冰等，都与长期天气演变有一定的相关性，在制作长期天气预报时，已注意应用这些资料。随着预报技术水平的不断提高，长期天气预报已成为空军各级司令部制定作战、演习、抢险救灾等计划的主要依据，在未来战争气象保障中将越来越起到重要的作用。

（茅卫平）

weixian tianqi jingbao

危险天气警报 (hazardous weather warning) 未来一定时空范围内可能出现的危及飞行或地面兵器、设施、人员安全的天气警示预报。内容包括危险天气的种类、强度、可能出现的起止时间，以及影响的地区范围等。危险天气的种类，包括低于飞行最低气象条件的低云、恶劣能见度，危及飞行和地面兵器、设施安全的大风、积雨云、雷暴、暴雨、飑、沙尘暴、龙卷、台风、强热带风暴、热带风暴、冰雹和雨凇等天气现象，以及飞机积冰、飞机颠簸等。中国人民解放军空军机场危险天气警报标准，通常由航空兵师（飞行学院、训练基地）、独立团以上司令部根据机场允许飞行最低气象条件和部队的飞行技术水平，以及保障地面兵器、设施安全的需要制定。危险天气警报的发布对象，通常为机场所在部队的司令部、指挥所、飞行管制室和受危险天气影响的单位及互为备降的机场。为尽早发现危险天气并采取防范措施，当预报本站或本责任区有危险天气来临时，气象中心、气象台（室）按责任区分和有关协同规定，及时发出危险天气警报。当发现提供的天气警报与可能出现的天气出入较大时，及时进行订正。

（赵跃进）

hangkong shuzhi tianqi yubao

航空数值天气预报 (aviation numerical weather prediction) 根据大气实时状态资料，在一定初值和边值条件下，求解描写大气运动的流体动力学闭合方程组，对未来某时空范围内的天气形势和各种航空气象要素客观、定量的预报。闭合方程组一般由连续性方程、运动学方程、热力学方程、水汽方程和状态方程组成。它们大多是非线性方程组，迄今还没有一种解析求解方法。常用的是数值求解方法(如差分方法、谱方法等)。求解复杂的闭合方程组需要具有超强计算能力的计算机来完成。

制作航空数值天气预报的基本程序是：①利用计算机对收集到的某时空范围内各种气象信息进行处理和质量控制。②用数值计算方法，将分布不规则的气象观测数据，客观分析成具有规则分布的、适于预报模式计算的网格点上的数据。③对客观分析后的资料进行初值化处理，使之与数值模式协调一致，并消除由于观测和客观分析误差引起的虚假高频重力波振荡。④对不同地区和不同时刻的各种类型资料进行四维同化处理，形成高质量的数值天气预报初始资料。⑤将初始资料代入基本方程组，用数值时间积分方法，在计算机上求解出空间各网格点上未来时刻的气象要素值。⑥对预报结果进行处理和统计检验。⑦对数值预报产品作航空气象要素的解释应用。⑧进行各种航空数值预报产品的分发。

航空数值天气预报具有客观定量、产品种类多等优点。许多国家以其为主要手段，综合利用统计学、天气学、人工智能等方法，制作和提供各种时空尺度的航空天气预报，在空军气象保障中具有重要作用。20世纪初期，英国科学家L.F.理查逊首先进行了数值天气预报的尝试。1950年，美国气象学家J.G.查尼与R.费约托夫特、J.von诺伊曼等人，在计算机上首次成功地对北美地区500百帕高度场，做出了未来24小时的预报。中国自1954年开始研究数值天气预报方法，1965年做出了500百帕高度场的24小时预报，80年代建立了短期数值天气预报业务系统，1991年建立了中期数值天气预报业务系统。中国人民解放军空军于20世纪80年代建立了数值天气预报室，开展了航空数值天气预报业务，可提供未来几天内的航空气象数值预报产品。

随着航空数值天气预报技术的发展，数值分析预报产品的种类、数量和质量得到增加或提高，将促进航空天气预报

业务体系和预报方式的变革。同时，航空数值天气预报仍存在许多尚待解决的问题，主要有资料四维同化、次网格尺度的物理过程参数化、地形处理、预报的系统误差等。各国的气象学家正在努力探索解决这些问题的途径，进一步提高航空数值天气预报的准确率和预报时效。

（郭卫东　崔廉清）

hangkong tianqi yubao zhuanjia xitong

航空天气预报专家系统　(aviation weather forecast expert system)　以天气预报知识为基础，模拟航空气象专家的预报思路和策略进行推理和判断，解决航空天气预报问题的计算机人工智能系统。其任务是通过对过去和现在已知天气状况的分析，推断未来的天气变化情况，制作航空气象保障所需的天气预报。

专家系统是人工智能研究发展的结果。它的研制起步于20世纪60年代中期。70年代美国国家气象局和空军气象局着手研制天气预报专家系统，80年代初广泛应用于天气预报业务。1985年，中国人民解放军空军气象部门研制成功航空气象要素短期预报专家系统，并推广应用。

专家系统通常由3个主要部分组成：①综合数据库。用来存储天气预报问题的初始数据和推理过程中得到的中间数据结果，包含气象观探测、天气分析预报事实和推断。②知识库。存储专家的天气预报知识和经验，包含所有用“如果：〈前提〉，于是：〈后果〉”形式表达的知识规则。当〈前提〉与数据库中的事实相匹配时，则采取〈后果〉中所示的行动，通常是指改变数据库内容，也就是变化某些推断，或者通过向用户提问而将回答加到数据库之内。建立专家系统，知识库的设计是最重要的。首先，要把问题知识化，即辨别天气预报问题的定义，是否可以分解为子问题，它包括哪些典型数据；把知识观念化，即概括知识表示所需要的关键概念及其关系，明确已知条件和目标，提出控制策略；把概念形式化，即应用人工智能中各种知识表示方法把概念和信息流特征变换为用过程模型和数据特性表示；最后，再把形式规则化，即编制规则，把形式化的知识变换为由编程语言表示的计算机执行的程序。③规则推理系统（又称规则解释器）。是专家系统的核心，用于记忆所采用的规则和控制策略的程序，使专家系统能根据知识进行推理，导出结论，以逻辑方式协调地工作。其任务是运用控制策略模拟专家的思维方式，找到可以应用的预报规则。正向链的策略是寻找出前提可以同数据库中的事实或断言相匹配的那些规则，并运用冲突的消除策略，从这些都可满足的规则中挑选出一个执行，从而改变原来数据库的内容。这样反复地进行寻找，直到数据库的事实与目标一致即找到解答，或者到没有规则可以与之匹配时才停止。逆向链的策略是从选定的目标出发，寻找执行后果可以达到目标的规则；如果这条规则的前提与数据库中的事实相匹配，问题就得到解决；否则把这条规则的前提作为新的子目标，并对新的子目标寻找可以运用的规则。执行逆向序列的前提，直到最后运用的规则的前提可以与数据库中的事实相匹配，或者直到没有规则再可以应用时，系统便以对话形式请求用户回答并输入必需的事实。一个良好的规则推理系统，可以显著节省推理时间，保证知识运用正确。

除了上面3个主要部分外，还有用户界面，提供系统与用户进行对话的接口。支持用户输入必要的数据，提出问题，了解推理过程及推理结果。系统通过界面要求用户回答提问，并回答用户提出的问题。专家系统建立后，需要在使用过程中进行科学的检验和评价，不断改进和完善。

航空天气预报的对象为风、云、能见度和天气现象等影响飞行活动的气象要素，其地方性特点显著，预报难度较大。在航空气象保障中，通常由气象预报员依据天气预报经验做出。专家系统可以使预报员的预报经验在应用、积累和传授方面实现客观化、定量化和系统化，有利于提高天气预报水平。

（李洪勋）

gailü tianqi yubao

概率天气预报　(probabilistic weather forecast)　用概率值表示未来某种天气现象或气象要素出现可能性大小的天气预报。它所提供的不是某种天气现象的“有”或“无”，某种气象要素值的“大”或“小”，而是出现的概率有多大，通常用百分数表示。概率天气预报的制作方法有主观经验方法和客观统计方法。主观经验方法主要是依据各种气象资料，由有经验的预报人员对未来某种天气发生的可能性做出主观判断；客观统计方法是用数理统计的方法计算出未来某种天气发生的概率，常用的统计方法有有模型方法、无模型方法和人工智能方法。概率天气预报既反映天气变化的确定性一面，又反映天气变化的不确定性和不确定程度。在许多情况下，这种预报形式更能适应生产活动和军事行动中指挥决策的需要，是实现气象保障定量化的重要内容。美国是最先研究和试验概率天气预报的国家之一，并结合军事演习，从20世纪60年代后期起，一直进行将概率天气预报产品应用于作战决策的研究试验；欧洲预报中心和加拿大、荷兰等国从80年代中期开始，制作最高、最低气温及降水的概率预报；90年代，包括韩国在内的一些东亚国家和地区也相继开展了概率天气预报研究，并投入业务运行。20世纪70年代，中国国家气象部门就开始制作、发布汛期降水的概率预报；90年代起，军队气象部门开始研究将概率天气预报应用于军事气象保障；90年代中期开始，上海、北京等地气象部门利用新闻媒介公开发布降水概率预报。概率天气预报已成为世界各国天气预报向客观化和定量化发展的方向。

（张国杰）

junshi hangkong qihouxue

军事航空气候学　(military aviation climatology)　研究气候与军事航空活动和航空武器装备的关系，以及利用气候条件的理论和方法的学科。军事气候学的分支。

简史　军事航空气候学是随着军事航空事业发展的需要，在气候学的基础上逐步形成和发展起来的。第一次世界大战时期，随着航空兵投入作战的需要，一些国家开始了对军事航空气候的研究和应用。俄国在其战区的气候通报和气候志中，编入了对航空有重要作用的晴天和阴天日数、各高度上云的出现频率和盛行云状以及空中温度和风的分布数据。一战后，一些国家把军事航空气候的分析研究列为战备工作的重要内容之一。

第二次世界大战时期，由于航空兵在作战中广泛使用和快速发展，引起各国对军事航空气候研究的重视。苏联出版了《空军气候图》，美国组建了新奥尔良资料整编部队，负责空军所需的航空气候学研究和服务。二战后，随着航空技术和气象科学的飞速进步，军事航空气候学进入新的发展时期，美国空军气象局成立气候处，并组建了新奥尔良气象数据控制分队，开展气候资料的统计分析，之后又成立了空军气候中心，动用大批的人员和计算机编制了全世界4 000多个机场的气候资料和气象卫星云图的气候图，编写了全球各大洲、国家和地区的《气候摘要》、《气候概要》。在第二次世界大战中的重大战役，以及20世纪50年代以来发生的局部战争中，都充分利用了军事航空气候研究的成果。

中国人民解放军空军从20世纪50年代起，就建立了比较完善的机场航空气候资料的收集、保存和质量审核的技术体制。根据任务的需要，先后进行了东南沿海和边境地区的航空气候资料统计整编，开展了航空气候区划与区域航空气候分析等军事航空气候学方面的研究。70年代初，用5台国产大型晶体管计算机，对机场地面气象观测资料进行了信息化处理。80年代起，依据30年以上的信息化气象资料，先后进行了机场航空气候、区域航空气候、中国航空气候以及特定地区的军事航空气候分析，编写出版了《空军机场航空气候志》、《区域航空气候志》和《我国东南地区航空兵作战气候分析》等。90年代以来，利用国内外气候研究的新技术，进一步开展了中国军事航空气候特点的研究，并利用气候动力模式嵌套技术，研究航空短期气候预测系统，探讨航空气候短期预测的原理与方法。

内容 主要包括气候条件及其变化对航空活动和航空武器装备的影响、航空气候要素统计、航空气候区划、航空气候分析技术与方法、航空气候预测理论与方法和航空气候文书的编制技术等。

气候条件对航空活动和航空武器装备的影响 气候条件是航空兵制定作战方案、拟制飞行训练计划、选择飞行航线以及机场建设的重要依据。分析大气状态及其变化规律，研究气候条件对航空活动和航空武器装备有利和不利的影响，以及相应的对策及其理论依据和技术方法，是航空气候学研究的重要内容之一。

航空气候要素统计 进行航空气候资料整编和航空气候分析的基础。航空气候要素主要包括风(含空中风)、云、能见度、气温、气压、湿度、降水和雷暴等。统计分析常用的气候指标为平均值、中位数、众数、极端值和较差、频率、距平和持续时间等。

航空气候区划 根据不同的航空气候条件，按一定的指标或原则对某国或某一地区进行分区，以揭示各地区的航空气候特点。

航空气候分析 根据航空兵活动的不同需要，对航空气候要素随时间和空间的分布状况进行分析，研究航空气候变化的规律及其对航空活动和航空武器装备效能的影响。

航空气候预测 根据航空兵活动需要，依据多年航空气候要素演变的规律，对未来一定时期的气候状况进行预测。

航空气候文书的编制 通常包括：地面、空中的航空气候资料及各类飞行日数的图表；综合或专项气候分析报告；机场或区域航空气候志、航空气候手册等。

展望 随着军事航空事业发展的需要和全球气候观测系统及气候预测技术的进步，军事航空气候学将进一步拓宽研究领域，丰富研究内容，如全球云气候学、高空气候学、危险航空气候学、航空气候对飞行影响的评价、航空气候预测技术与方法等方面的研究。

（魏利生 刘金玉）

hangkongbing zuozhan qihou

航空兵作战气候 (climate of aviation combat) 航空兵作战活动地域多年常见的和特有的航空天气综合情况。通常用与航空兵作战有关的气候要素的时间分布、空间分布描述，并依据气候要素的分布规律进行综合分析，给出气候条件对航空兵作战影响的评价。

气象要素及其统计量统称气候要素。气候要素在一定时段(日、候、旬、月、年)内的变化称为气候要素的时间分布。同一时段内气候要素随纬度、经度和高度的变化，称为气候要素的空间分布。气候要素的时间和空间分布用以表示气候的基本特征。影响航空兵作战活动的气候要素较多，主要是风、云、能见度和雷暴、降水等。常用的统计量有均值、总量、极值、频率、变率、次数、日数、出现概率、出现时间、持续时间、连续日数和某些天气现象的初、终日期，以及各种气象条件的飞行日数等。

综合分析的内容包括：①航空兵作战的气候条件。研究航空兵作战对气候条件的要求，分析气候对航空兵作战活动的影响，制定利用气候条件，提高部队在各种气候条件下发挥战斗力的措施。②航空兵作战活动的气候分析与气候区划。③航空兵战场气候资源状况及其开发利用的技术与方法。④航空兵作战气候标准的制定。提供参战武器装备及战场环境所需的气象基准数据。⑤实施航空兵作战气候保障的技术与方法。

对航空兵作战影响的评价，主要依据航空兵作战气象综合分析结果，结合遂行作战任务要求和参战武器装备的性能，做出气候条件对航空兵作战利与弊的分析，并提出影响程度及相应采取的对策。

（刘金玉）

hangkong qihou quhua

航空气候区划 (aviation climatic regionalization) 根据航空气候要素的分布状况，按一定的气候指标将一个大区域划分为内部指标一致，相邻之间指标有明显差异，大小不等的航空气候区域群。是综合分析区域性航空气候特点的一种方法，属专业性的气候区划。航空气候区划的气候要素指标是根据飞行训练和作战气象条件的具体要求确定的，其目的是为航空活动中利用有利气候条件和克服不利气候因素提供科学依据。航空气候区划的最终结果通常在地图上表示出来，并附有航空气候区划概述及图表说明。航空气候区划的方法分为经典指标法和多元统计法两大类。经典指标法分为以某一气候要素为主，若干气候要素为辅的主导指标法和将几个气候要素综合成一个指标的气候综合指标法。多元统计方法有聚类分析、判别分析、主成分分析、因子分析、典型相关以及模糊聚类、信息分析等。

（刘金玉）

hangkong qihouzhi

航空气候志 (aviation climatography) 记述某机场、区域和航线航空气候的一般状况和变化情况及其对航空活动影响

的一种专用气候图志。在多年航空气候资料统计分析的基础上做出，是为航空兵拟定作战、训练计划，组织战场准备和飞行训练、实施气象保障等提供气候保障的主要手段之一。通常用文字、数据、图表、音像相结合的形式表述。

航空气候志的内容主要包括：①机场、区域或航线的地理自然环境和影响该地区气候因子的概述。②历史上重大的航空气候事件或灾害气候背景的记录。③航空气候特征和航空气候要素的平均值、极端值、频率、时空分布及其变化规律的阐述和基本气候资料。④各种飞行气象条件的综合分析。⑤气候条件对航空活动影响的评价。

（刘金玉）

hangkong qihou yuce

航空气候预测 (aviation climate prediction) 根据航空活动的需要和气候演变规律，对航站（航线）或区域未来1个月以上的航空气候状况做出的预测。时间尺度为月、季、年的是短期气候预测，时间尺度为1～5年的为长期气候预测，5年以上的称为气候展望。

航空气候预测的方法主要有：①利用历史资料，运用经验统计方法进行的预测。主要是根据气候变化的周期或韵律，太阳活动、火山活动与气候变化的关系以及人类活动对航空气候要素变化的影响等，在某些假定的基础上进行的。预测的精度由统计的置信水平和外延的时间决定。②用气候动力学原理建立模型进行的预测。是一种较客观、定量的预测方法，正处于试验阶段。

航空气候预测的内容不同于短期或中期航空天气预报中的具体航空气象要素预报，而是某一地区（航站）在未来一定时期的总的航空气候状况。通常包括未来一定时期内的天气变化趋势、主要天气过程次数、主要航空气候要素（均值、极值）的分布及与多年平均值的比较。多年平均值通常采用30年的统计值。

中国人民解放军空军气象部门于20世纪60年代起，根据航空兵部队制定年度飞行训练计划和特殊任务的需要，开展短期气候预测工作，主要是预测全年各季出现复杂气象、简单气象飞行的日数，以及汛期的降水情况等。航空气候预测对空军航空兵拟制作战计划和安排飞行训练有重要意义。航空气候预测的准确性将随着大气科学的发展而逐步提高。

（李又庭）

hangkong yuntu

航空云图 (aviation cloud atlas) 根据航空的需要，按云底高度和云的外貌形态划分为国际统一标准类型的各种云的图片集。通常由军队或民用航空部门组织拍摄和编辑。注重云的空中观察特征，用来直观辨认天空云状和云况，研究各种云对飞行活动的影响和如何利用云天条件遂行飞行任务。主要供飞行人员、飞行指挥员、航空管制人员和气象专业人员学习使用。中国人民解放军空军于1973年编辑出版了《航空气象云图》。主要包括：积云、积雨云、层积云、层云、碎层云、雨层云、碎雨云、高层云、高积云、卷云、卷层云、卷积云等。每一种云的图片都附有该种云的外貌特征、结构及其对飞行影响的说明。

（李洪勳）

feixing daqi huanjing

飞行大气环境 (flight atmospheric environment) 飞行器在地球大气层内飞行时的环境条件。包围地球的大气是飞行器主要的活动环境。包括大气层环境状况及其对飞行活动的影响两个方面。

大气受地球重力场和热力状态等因素影响，其各种特性在垂直方向上的差异非常明显。空气随高度增加而趋于稀薄，60千米高度上的空气密度只有海平面上的千分之一。现代飞机的飞行高度已达30千米左右，活动范围相当于整个对流层和平流层下部。对流层是大气的最低层，该层中气温随高度增加而降低，空气的垂直运动明显。对流层中聚集了约3/4的大气质量和近乎全部的水汽，天气变化最为复杂。飞机飞行中遇到的云、雾、降水、雷暴、风暴等重要天气现象几乎都发生在该层中。对流层和平流层之间还有一个厚度为数百米至1千米左右的过渡层，称为对流层顶，它对垂直气流有很大的阻挡作用，随气流上升的水汽和尘粒多聚集其下，能见度较差。平流层位于对流层顶之上，伸展约50～55千米的高度，气流平稳，能见度好。

大气环境为飞机飞行提供了许多有利的条件。例如，在高空急流附近，风速可以达到50米/秒以上，利用空中有利的风场可以选择最佳航线和飞行高度，以节省油料；稳定而浓厚的云层可隐蔽空中作战行动，取得突袭的效果；在高空飞行，由于气温低，使喷气发动机的效率提高，燃料消耗率降低，增加续航时间。

大气环境对飞行活动的影响，既有有利的一面，又有不利的一面：①在近地层大气中飞行，地面大风、强侧风和顺风都不利于飞机的起飞、降落；低空风切变严重危及起落飞行的安全，导致严重事故；低云、降水和恶劣能见度是常见的飞行障碍，机场跑道积水、积雪、积冰给飞机起飞、着陆造成困难。②在对流层中飞行，常出现飞机颠簸、飞机积冰、飞机电击和飞机尾迹等。强烈的飞机颠簸使飞机操纵困难，降低空中射击和投弹命中率，特别严重时还会使飞机解体；飞机积冰，可使飞机气动特性变坏，仪表指示失灵，严重时可导致飞机失事；飞机电击，可击穿飞机蒙皮、破坏电子设备，甚至使油箱起火爆炸；飞机尾迹，会暴露飞机的位置、架数和踪迹，不利于空中隐蔽作战飞行。此外，气温和气压对发动机推力、飞行速度、油料消耗等都有不同的影响。③在平流层中飞行，空气密度小，会使飞机的平飞性能、上升性能以及机动性变差。

（李洪勳）

feixing qixiang tiaojian

飞行气象条件 (flight meteorological condition) 为保证飞机起飞、降落和空中飞行安全及顺利遂行任务而规定的气象标准。通常是指飞行最低气象条件。主要项目有云量、云底高、能见度、风向、风速、雷暴、飞机积冰和飞机颠簸等。一般根据飞行任务性质、机场条件、昼夜时间、飞行方式、机型（种）和飞行员技术水平等情况确定。

飞行气象条件，按飞行任务性质，主要分为战斗飞行气象条件、训练飞行气象条件和任务飞行气象条件等；按昼夜的时间，分为昼间飞行气象条件和夜间飞行气象条件；按飞行方式，分为目视飞行气象条件和仪表飞行气象条件；按机型（种），分为运输机飞行气象条件、直

升机飞行气象条件、歼(强)击机飞行气象条件和轰炸机飞行气象条件。其中,运输机和直升机飞行气象条件,依据飞行员技术水平,又分为1号、2号、3号、4号气象条件。

飞行气象条件通常由空军司令部或下达任务的上级机关制定。在组织飞行时,飞行指挥员、飞行员、飞行管制人员和气象人员应严格掌握,不得超气象条件飞行。 (崔春山)

feixing zuidi qixiang tiaojian

飞行最低气象条件 (flight meteorological minimum) 见飞行气象条件。

jichang yunxu feixing zuidi qixiang tiaojian

机场允许飞行最低气象条件 (airdrome meteorological minimum) 机场为保证飞机安全起飞、降落而规定的允许飞行最低限度的气象标准。亦称机场关闭(开放)气象条件。主要是规定云量、云底高、水平能见度、风向、风速等气象要素的限制条件。一般根据机型(种)、机场净空条件、着陆设备和昼夜时间等确定。通常,战斗机的机场允许飞行最低气象条件高于运输机和直升机;机场净空条件差或没有自动着陆设备的机场允许飞行最低气象条件要高于机场净空条件好或有自动着陆设备的;同一机型(种),昼间机场允许飞行最低气象条件低于夜间。当某一机场天气实况达到所规定最低限度的气象条件以下时,则不允许飞机在该机场起飞、降落。

(宋 火)

feixing weixian tianqi

飞行危险天气 (flight hazardous weather) 危及飞行安全的天气。主要指雷暴、飑、雪暴、沙尘暴、龙卷、冰雹和达到规定标准的恶劣能见度、大风、低云、云蔽山、积雨云,以及低空风切变、飞机积冰、飞机颠簸和飞机电击等。

飞行危险天气对飞行影响的程度取决于这些天气的强弱程度,也与飞行处置是否恰当有关。空军各级司令部通常根据部队作战、训练飞行最低气象条件,部队的飞行技术水平和飞机抗御危险天气的能力等,规定出飞行危险天气的项目和标准。为及时发现飞行危险天气并采取防范措施,通常由国家和军队气象台站组成危险天气通报和警报网。要求气象台站对危险天气进行不间断的观测,并运用气象雷达、气象卫星等手段进行跟踪监测;当预计有或已有危险天气出现时,按有关规定及时向首长、指挥员和有关单位发布危险天气警报或通报。各级首长、指挥员,根据飞行危险天气的种类、强度、持续时间和对飞行的影响程度,采取相应的防范措施,如调整飞行计划、改变飞行高度或航线,以及到备降场着陆等,减轻或避免飞行危险天气造成的损失。 (连桂华)

elie nengjiandu

恶劣能见度 (bad visibility) 影响飞行安全并达到规定标准的低能见度。通常因机型(种)、机场条件、飞行员的技术水平以及昼夜的不同而有不同的标准。中国人民解放军空军规定,有效水平能见度小于或等于2千米为恶劣能见度,并以此作为危险天气通报标准。恶劣能见度对飞机的起飞、着陆和安全飞行有很大影响。形成恶劣能见度的天气现象很多,主要有雾、沙尘暴、扬沙、霾、浮尘、烟以及较强的雨、雪等。在恶劣能见度条件下组织飞行,应严密监视本场能见度的变化并选好备降场。

(连桂华)

yunbishan

云蔽山 (cloud covered mountain) 云底接触或笼罩山顶的现象。云蔽山的出现与云底的高度和山高有关。当云底高度较低时,云底可接触山顶,甚至遮蔽山的一部或全部(见图)。蔽山的云层多为低云,如层云(碎层云)、雨层云(碎雨云)、层积云和碎积云等。当云蔽山出现在飞行航线上或机场周围时,对飞行活动影响甚大。特别是蔽山云量较多时,可使飞行员在空中看不清山体,如掌握不好飞行高度,可能危及飞行安全,发生撞山事故。空军规定,当蔽山云层的累积云量(蔽山云遮蔽全部天空的成数)大于或等于5成时,机场气象台站应进行危险天气观测,并根据有关规定编发危险天气发生报;当蔽山云层的累积云量小于或等于3成时,编发危险天气解除报。

(李晓霞)



云蔽山

jiyuyun

积雨云 (cumulonimbus) 云体庞大高耸,垂直发展旺盛,顶部有冰晶丝缕结



图1 秃积雨云



图2 鬃积雨云

构的对流云。按其发展的不同阶段和外形特征分为两类：①秃积雨云（图1）。云顶圆弧形轮廓开始模糊，或出现纤维状冰晶结构，但尚未扩展开来。②鬃积雨云（图2）。云顶有明显的纤维状冰晶结构，且扩展成马鬃状或铁砧状，也称砧状积雨云。积雨云云底阴暗、混乱、起伏明显，有时呈悬球状、滚轴状结构或有雨幡下垂。发展成熟时常产生雷暴、阵雨、大风、冰雹、下击暴流等强对流天气，偶有龙卷产生。是严重危及飞行安全的危险天气。

大气中充足的水汽、不稳定能量和使低层空气抬升至一定高度的触发机制，是形成积雨云的必要条件。在气团内部，因地面受热后空气对流形成的积雨云，云体分散、孤立，多出现在午后至傍晚；由冷锋、高空槽、冷涡、台风等天气系统造成气流系统性辐合上升形成的积雨云，多排列成带或片，发展旺盛，常伴随剧烈天气。在强烈不稳定的天气条件下，积雨云可发展成中尺度局地强风暴。

积雨云的水平尺度一般为几千米至20千米，特别强盛时可达40千米。云底高度一般为300～2 000米，云顶可伸展到7～18千米，甚至20千米。厚度在中纬度地区可达5～8千米，低纬度地区可达10千米以上。云中有强烈的上升、下沉气流，上升气流速度可达20～30米／秒或更大。云的上部为冰晶组成，中部兼有过冷水滴和冰晶，下部为水滴组成。云顶温度一般在−20℃以下，云中含水量通常为0.6～0.7克／米³，云的中（上）部最大可达20克／米³。积雨云降水时间较短，强度大，降水粒子较大。产生雷暴的积雨云内电场强度平均为（2～5）×10⁴伏／米。积雨云的生命史通常为几十分钟至2小时。

积雨云对军事活动特别是飞行活动有直接的影响。飞机进入积雨云，会产生强烈的颠簸，使仪表示度失真，操纵失灵，在几秒钟内飞行高度可变化几十至几百米，甚至会出现超过飞机极限允许值的过载，造成飞机毁坏。在积雨云中飞行还会发生飞机积冰，也可能遭雹击或电击，导致飞机设备损坏或受到干扰。飞行中严禁进入积雨云，遇有积雨云时，应判明积雨云的位置、强度和发展情况，采取绕过云体、云上越过等方法处置。（刘煜鸿）

disuiyun

低碎云 (low fractus) 云体破碎，云底高度很低的碎雨云、碎层云和碎积云的统称。碎雨云（图1）常出现在降水云层之下，由降水物蒸发凝结而成；碎层云（图2）多由低层扰动或雾抬升而成；碎积云（图3）常在晴天由空气对流，水汽凝结而成。低碎云云底高度一般在300米以下，形状多变，生成、发展快，云量变化大，可在十几分钟甚至几分钟内布满天空。在山地，常造成云蔽山，在沿海地区，常与平流雾同时出现，是严重威胁飞行安全的危险天气。在飞机着陆的下滑线上若有低碎云，会使飞行员无法目视接



图1 碎雨云



图2 碎层云



图3 碎积云

地，造成飞机偏离跑道，甚至发生飞行事故。在飞行中，机场出现低碎云时，气象台站应加强监测并及时实测云底高度；当云底高度低于飞行气象条件时，指挥员应果断指挥飞机到备降场降落。

（刘煜鸿）

dafeng

大风 (gale)　瞬时风速达到或超过17米／秒（或风力达到或超过8级）的地面风。形成大风的原因主要有寒潮爆发、低气压发展和强对流天气以及热带风暴和台风过境等。地形的狭管效应也可使大风频繁出现，如中国新疆北部的阿拉山口、台湾海峡。大风与人们生产、生活和军事活动关系密切。海上大风及其引起的海浪对舰船航行和海上作业危害甚大；陆上大风能破坏建筑物和农作物，掀翻车辆、火炮，折断雷达、通信设备天线，损坏机场停放的飞机及设施。大风对空降、空投有很大影响，对起飞和着陆过程中的飞机造成危害，是一种灾害性的危险天气。预计有大风时，空军各级气象中心、气象台（室），按有关规定及时向有关部门发出大风警报；出现大风时，机场气象台进行危险天气观测，并立即编发危险天气发生报。

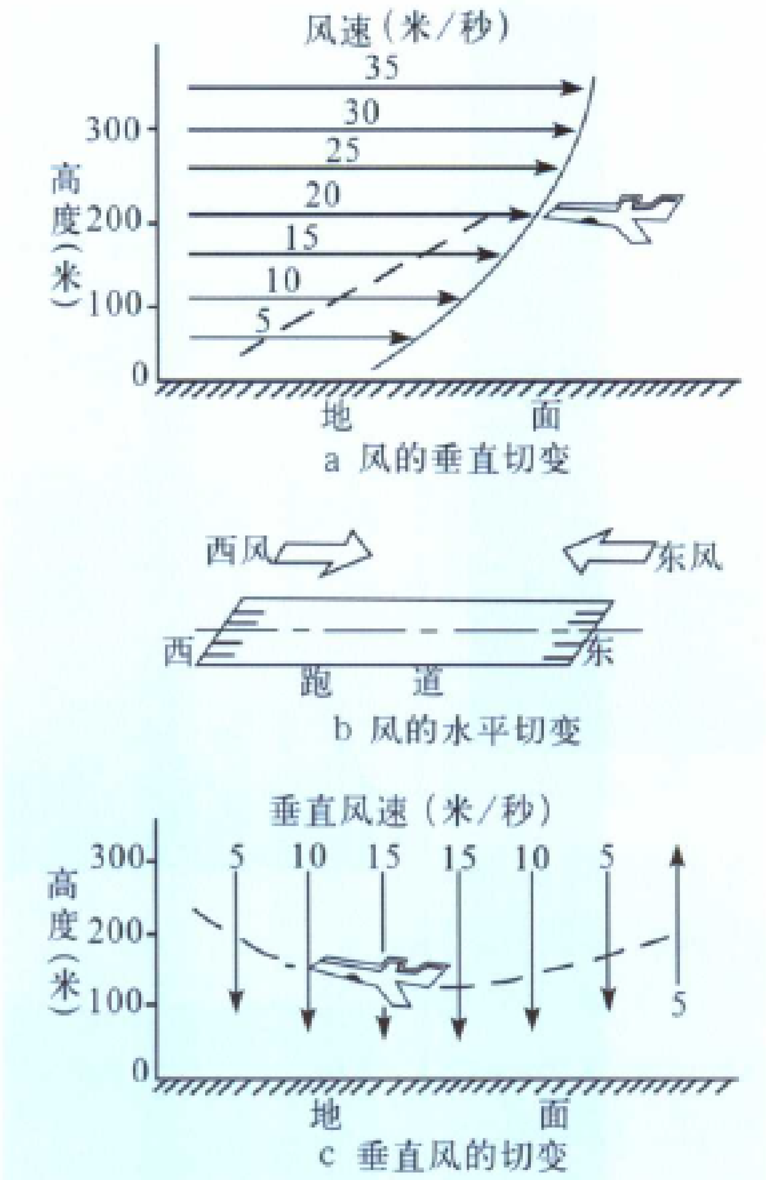
（李晓霞）

dikong fengqiebian

低空风切变 (low-level wind shear)　近地面600米高度以下的气层内，在水平方向或垂直方向一定距离（例如30米）上存在的风向和（或）风速急剧变化的现象（见图）。风切变按气流型式可分为3类。①风的垂直切变。即风在垂直方向一定距离上的变化。②风的水平切变。即风在水平方向上两点之间的变化。③垂直风的切变。即升降气流在水平方向一定距离上的变化。下击暴流就是属于强垂直风切变。在实际大气中这3类风切变既可以单独存在也可以并存。

产生低空风切变的天气条件主要有：①强对流天气。如雷暴、积雨云、龙卷风等。②锋面天气。③低空急流。④辐射逆温。此外，当机场周围地形地物复杂时，也会产生对飞机起落有影响的低空风切变。

低空风切变的强度等级标准，国际民航组织建议采用表1所示的数值。计算



低空风切变示意图

表1　垂直风切变强度标准

强度等级	数值标准	
	米／秒／30米	1／秒
轻　度	0~2.0	0~0.07
中　度	2.1~4.0	0.08~0.13
强　烈	4.1~6.0	0.14~0.20
严　重	>6.0	>0.20

表2　各类风切变时空尺度特征值

风切变类型	空间（水平）尺度	时间尺度	危害程度
微下击暴流	<4千米	几至十几分钟	大
大下击暴流	>4千米	几十分钟	大
雷暴阵风锋	几十千米	几小时	大
冷　锋	几百千米	几十小时	中
暖　锋	几百千米	几十小时	中
辐射逆温	几百米至几千米	几小时	中
地形风切变	几百米至几十千米	几小时	中
水陆界面风切变	几至几十千米	几小时	小
障碍物风切变	几百米至十几千米	几分至几小时	小

风的垂直切变时，垂直气层厚度取为30米，分成4个等级。表2中右边一列为简化后的数值。不同原因形成的风切变现象有不同的时空尺度特征值（表2）。

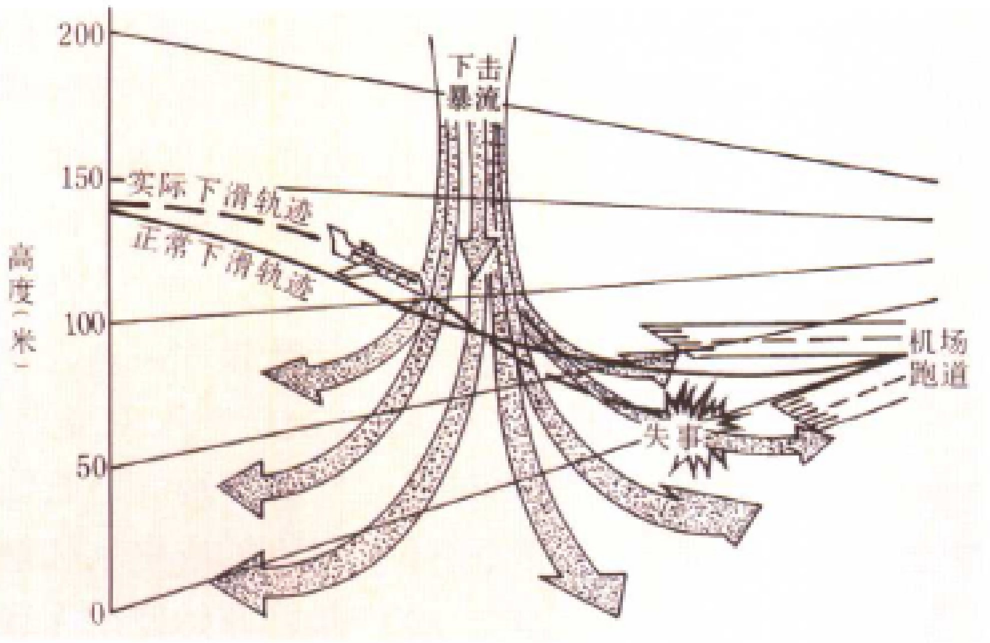
强烈的低空风切变严重威胁飞机起飞和着陆安全。对导弹发射、飞行也有影响。20世纪70年代以来，已有多起因遭遇低空风切变而机毁人亡。如1985年8月2日晚，在美国达拉斯机场，一架波音727飞机着陆时因遭遇强烈低空风切变而坠毁。强烈低空风切变具有尺度小、时间短、突发性强、预报难度大等特点。1975年以来，国际民航组织、世界气象组织以及各国的航空和气象机构，积极开展了对风切变的研究，有的国家已在飞机上安装了机载低空风切变探测系统。中国人民解放军空军气象部门从1979年起也开展了这方面的研究。

（全维明）

xiaji baoliu

下击暴流 (downburst)　大气中及地的具有危害性的局地强下沉气流。又称下冲气流。是一种产生在雷暴等强对流天气条件下的小尺度天气。当雷暴云中的下降气流达到相当大的强度到达地面层时，受地表的阻挡作用使其转为水平运动，呈现向四周辐射状态的外流，地面的辐散风速可达18米／秒以上，最大曾达40米／秒，且具有很大的切变性及涡旋性（阵性）。严重影响低空飞行活动，威胁飞行安全，并能毁坏地面建筑物。

下击暴流的结构相当复杂，常包含有多种尺度的下击暴流类型。下击暴流的外流气流中，嵌有宽度只有3~5千米的小尺度辐散型气流系统，称为微下击暴流。在微下击暴流中，往往还嵌有尺度更小（小于400米）宽度只有100米的下击暴流带，它是更强辐散和极值风速出现的地方。微下击暴流或下击暴流带，能诱发出很强的垂直和水平风切变，易造成飞机失事。有时多个下击暴流一起出现，称为下击暴流群，其水平尺度为40~400千米。对于一个强风暴系统，当它移动数百千米时，能产生一连串的下击暴流群，水平尺度可达1 400千米，称为下击暴流族，它会带来更严重的灾害。根据产生下击暴流的气层湿度分布和降水现象，分为湿下击暴流和干下击暴流。下击暴流的生命期很短，一般为10~60分钟，其中的微下击暴流的生命期为5~15分钟。据气象雷达观测结果，大多数下击暴流常伴随着两种类型的雷达回波，即钩状回波和弓状回波。下击暴流的位置经常出现在钩状回波的钩内或钩的周围，或在弓状回波的前部。



飞机穿越下击暴流示意图

下击暴流对飞机起降安全危害极大。若飞机在起飞和着陆中穿越下击暴流区（见图），首先遇到的是外流气流，强大的逆风使飞机的空速增大，升力增加。接着遇到垂直的下降气流，飞机又受到向下的冲击。飞过暴流中心区域之后，又遇到顺风的外流，使飞机的空速突然减小，升力急剧下降，甚至失速造成事故。20世纪70年代以来，世界上已多次发生因下击暴流而造成的飞行事故，引起了航空和气象部门的高度重视，相继对下击暴流的结构、特点、形成原因以及对其探测和预报的技术进行了多方面的研究，取得了一定的成果，如有的机场已安装了多普勒气象雷达探测报警系统。但由于下击暴流尺度小，生命期短，突发性强，难以有效地及时探测和预报。飞行员在飞行中应加强判断，正确处置，避免进入下击暴流区。（金维明）

xiachong qiliu

下冲气流 (downburst) 见下击暴流。

feiji dianbo

飞机颠簸 (aircraft bumpiness) 飞机飞行中突然出现的忽上忽下、左右摇摆及机身抖振现象。飞机飞入扰动气流区，遇到了时大时小的上升、下降气流或水平气流对飞机的冲击，使飞机的升力发生不规则的变化，从而造成飞行高度、飞行速度和飞机姿态等发生突然变化。当扰动气流的水平尺度与机身长度大致相当时易发生颠簸，多发生在急流、晴空湍流、对流云区、低空风切变和地形波等条件下。飞机颠簸强度与扰动气流强弱、飞行速度、翼载荷、飞行姿态等有关，通常分为轻度、中度和强度3级。中度以上颠簸会使飞机仪表指示失常，操纵困难，影响空中编队、射击、轰炸、加油和航空侦察等，特别严重时会破坏飞机结构，造成事故。发生飞机颠簸的区域有一定的厚度和水平尺度，其范围大小因地区、高度和天气条件而异。飞行前，飞行员应了解飞行区域或航线上产生颠簸的可能性，尽可能避免进入有强烈扰动气流的区域；飞行中一旦进入颠簸区，可采用改变航向或高度等方法尽快脱离。（王锡友）

feiji jibing

飞机积冰 (aircraft icing) 飞机在飞行中，机体表面某些部位因过冷水滴冻结或水汽凝华而聚积冰层的现象。多出现在机翼、尾翼、螺旋桨、风挡、空速管、天线、航炮口等曲率半径较小的突出部位。飞机积冰程度，以单位时间内所聚积冰层的厚度来表示，通常分为轻度、中度和强度3级。中度以上积冰会使空气动力性能变差，阻力增大，升力减小，影响安定性和操纵性，严重时可导致飞行事故。

飞机积冰通常发生在含有过冷水滴的云、雾、冻雨或湿雪中。根据1969～1980年中国发生的675次飞机积冰报告和其他积冰资料，发生飞机积冰的温度范围通常为0～－20℃，中度积冰多发生在－2～－12℃，在－8～－10℃之间强积冰出现最多。产生积冰的云中湿度范围一般为：温度露点差小于5℃时，多发生轻度及中度积冰，温度露点差小于4℃时，多发生强积冰。影响积冰强度的因子主要有：云中过冷水滴的含（水）量、空速、云滴半径和机翼的曲率半径等。

飞机积冰分为明冰、毛冰、雾凇和霜4种，其中，明冰和毛冰在机体上冻结比较牢固，对飞行的危害较大。现代飞机普遍装有较完善的防冰、除冰装置，飞行员可采用热力、化学或机械等方法除冰，亦可根据当时、当地的气象条件，适当改变飞行高度和速度，有效地防止积冰或继续积冰。空军气象部门通常采用判断云中的环境温度相对于冰面是否处于过饱和状态，并考虑飞机的动力增温效应来预报飞机积冰，再利用统计学方法和经验指标法来定量计算积冰的强度。（唐万年）

feiji dianji

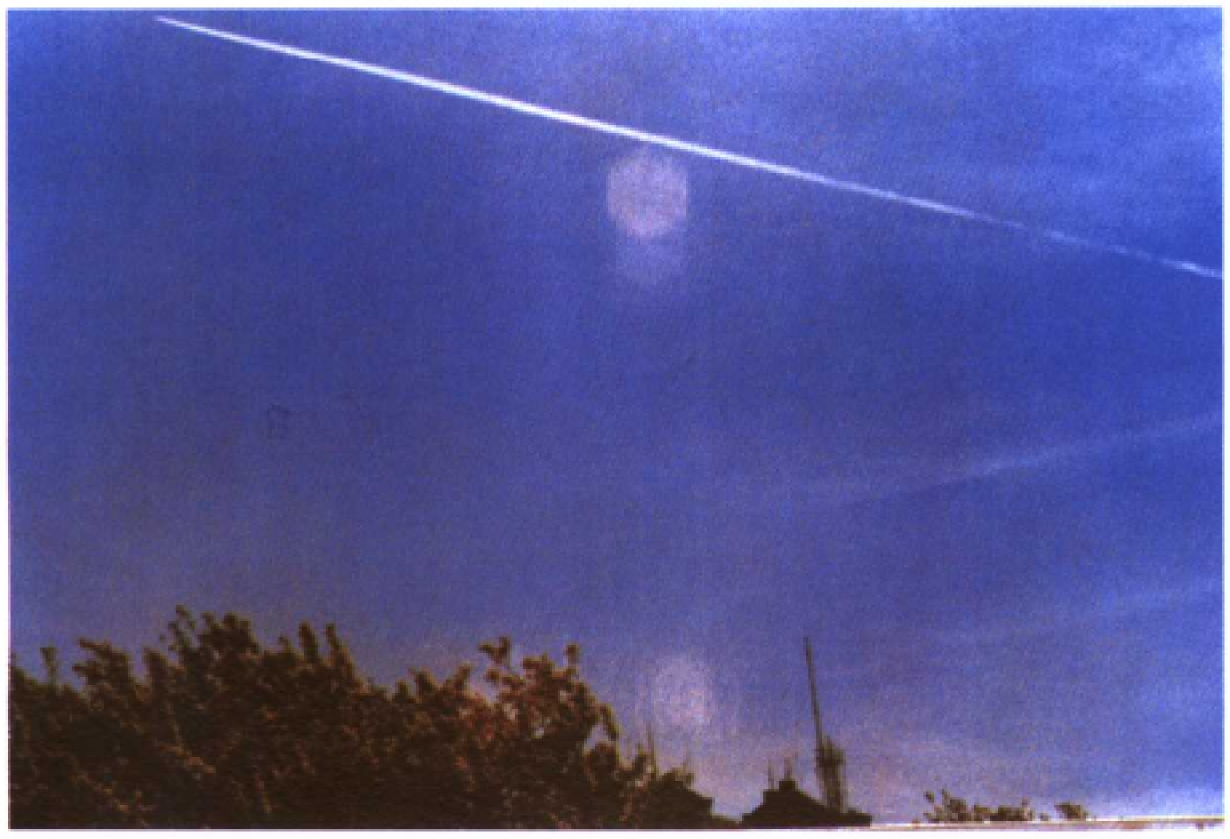
飞机电击 (lightning strike to aircraft) 在大气强电场作用下，飞行中的飞机某些突出部位因被雷电击中而发生的放电现象。也称雷击。飞机遭受电击多是在外形凸出的部位，电击后出现烧穿的小孔或凹斑；结构不牢的部位，如空速管、航行灯等也会造成损伤；闪电电流进入机舱内还会损坏设备及电源，甚至危及机组和乘客的安全；电击引起的瞬间电磁场，干扰仪表、通信、导航及着陆系统；油箱如果被闪电击中或正在空中加油时遭到电击，有可能发生燃烧和爆炸。据有关资料统计，飞机不同部位和仪表遭受电击的概率分别为：天线27%，机翼22%，尾翼21%，机身15%，螺旋桨叶7%，检验孔6%，罗盘2%。

飞机在雷暴云中和云附近飞行时，都有可能被电击。大多数飞机电击发生在雷暴云中冰点附近的高度上（－5～5℃温度层之间）。这类云的电荷分布大致有3个集中区：①云的上部是正电荷区，高度约6千米，温度为－20℃，带电量为24库仑。②云的中、下部，0℃等温线的上方区域为负电荷区，高度约3千米，温度为－8℃，带电量为20库仑。③云底部，紧贴融化层的下方有一个小的正电荷区，高度为1.5千米，温度为1.5℃，带电量为4库仑。分离的正、负电荷中心造成极高的电场强度。飞机穿入雷暴云强电场，因机体几何因素，使局部电场加强，在飞机边缘部分达到电击穿。为避免飞机电击，在飞行中应及时判明雷暴云的分布情况，尽量避开雷暴活动区和0℃高度层。现代飞机有的安装了探测报警装置，防止电击危害。

（金维明）

feiji weiji

飞机尾迹 (aircraft trail) 飞机飞行中机尾后面出现的白烟状长条凝结物。俗称飞机拉烟。按成因通常分为废气尾迹、对流性尾迹和空气动力尾迹3种。废气尾迹又可分为废气凝结尾迹和废气蒸发尾迹两种。常见的飞机尾迹多是废气凝结尾迹（见图），是飞机排出的废气与环境空气相混合而出现的水汽凝结现象。废气蒸发尾迹是飞机在薄云层中飞行，高温废气使云滴蒸发，在飞机后面形成的云隙。产生飞机尾迹的空气层称为飞



飞机尾迹

机尾迹层，以一层为多，偶尔同时出现数层。出现的高度主要取决于大气中的温度、湿度等气象条件，还与机型（种）、飞行状态有关。废气尾迹多发生在气温低于−40℃，又有适当湿度的空气层中。常出现在8千米以上的高空。飞机尾迹对飞机性能没有影响，但会暴露飞机的位置、架数和行踪，在空战中双方都很注意利用或避免它的出现。根据高空的气温、湿度和气压，可预报出现飞机尾迹的下限和上限高度。

（王锡友）

feiji layan

飞机拉烟 (aircraft trail) 见飞机尾迹。

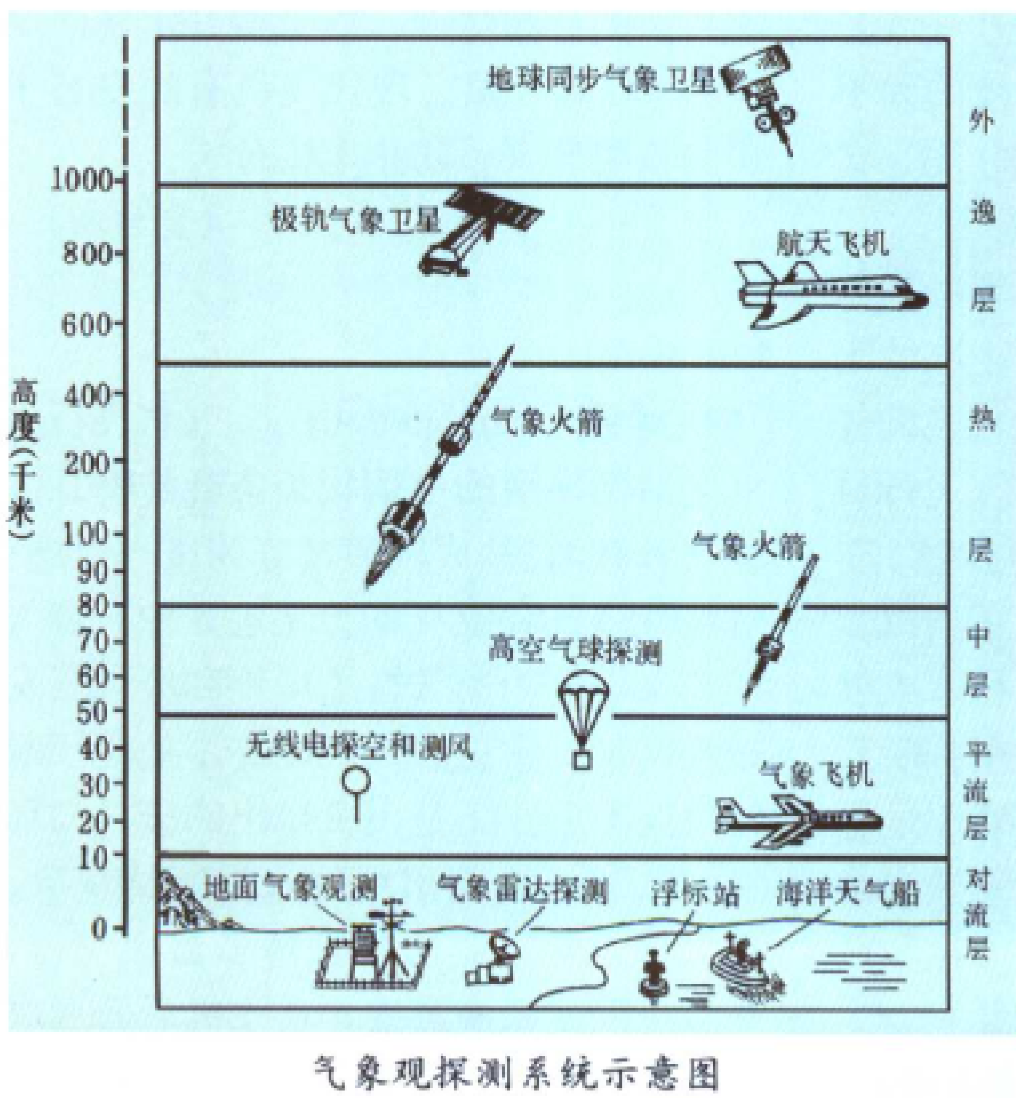
hangkong qixiang guantance

航空气象观探测 (aviation meteorological observation and sounding) 根据航空需要，利用仪器和目力对大气物理、化学特性以及大气现象进行的观察和测量。是获取航空气象资料的基本手段，实施空军气象保障的基础。观探测所获取的实时气象资料，对空军制作天气预报，监测危险天气，保证飞行安全具有重要作用。

分类 按观探测范围分为地面气象观测和空中气象探测；按观探测手段分为直接探测和大气遥感。

观探测组织 为了使获取的航空气象观探测资料符合准确性、代表性和比较性的要求，空军对航空气象观探测实施统一组织。根据气象保障任务需要，设置合理的观探测网，制定统一的观探测技术规范等。

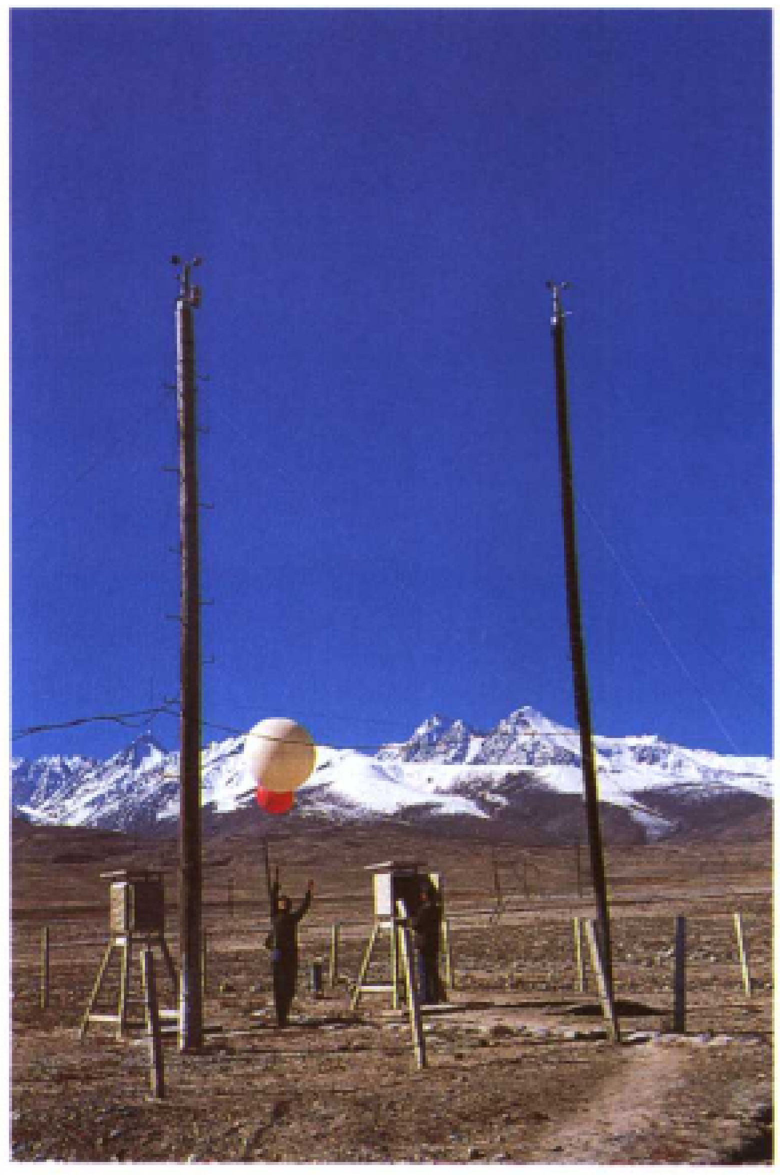
观探测网 由分布在机场附近一定区域内的气象台站组成。主要有：①地面气象观测网。定时和不定时观测气温、气压、湿度、风向、风速、云、能见度、天气现象等气象要素，对观测结果进行加工整理和编发报。②空中温、压、湿、风探测网，又称空中气象探测网。定时和不定时测定空中各高度上大气的温度、湿度、气压和风向、风速，并按规定编发报。③天气雷达探测网。为监测危险天气和灾害性天气而进行定时和不定时探测，对探测资料按规定编发报和数字化图像处理。



气象观探测系统示意图

观探测技术规范 组织实施气象观探测的技术法规。中国人民解放军空军气象观探测技术规范以世界气象组织和中国国家气象局制定的法规为依据，结合军事航空活动的需要制定。主要包括：地面气象观测规范，空中风观测规范，空中温、压、湿探测规范，以及测雨雷达和测风雷达操作规范等。观探测规范的内容主要包括观探测场所的选定，观探测的项目、时次和程序，观探测仪器（设备）的规格、性能、安置、检定，以及观探测所得数据的处理方法等。

简史 航空气象观探测是基于航空活动的需要发展起来的。1903年12月17日，人类首次飞行时，用叶轮式风速表观测了地面风，这是第一次航空气象观测。早期航空气象观测的气象要素仅是航线上的云、雷暴、3千米以下的空中风和地面风、能见度。1927年，开始使用无线电探空仪获取空中的温度、湿度和气压资料。第二次世界大战后，逐步使用雷达探测强对流天气。50年代以后，随着航空气象观探测设备的发展，以及激光技术、气象卫星和计算机的使用，使航空气象观探测技术进入一个新阶段。气象观探测突破了直接感应（只能测量局部空间）的限制，发展到观探测全球范围和大气更高层次的气象信息，增加了观探测的内容，增强了观探测的连续性。



气象观探测

（张泰喜）

dimian qixiang guance

地面气象观测 (surface meteorological observation) 使用设在地面（或海面）上的直接感应的气象仪器和人眼对气象要素进行的测量和判定。中国人民解放军空军地面气象观测的主要任务是：为航空兵部队顺利遂行任务和保证飞行安全提供所需的天气报告，为地空导弹兵部队、高射炮兵部队修定射击诸元和空

危险天气观测标准表

天气要素	出现（发生）标准	消失（解除）标准
大　风	平均风速≥12米/秒和（或）瞬时最大风速≥17米/秒	平均风速≤10米/秒且瞬时最大风速≤12米/秒
恶劣能见度	有效能见度≤2 000米	有效能见度≥3 000米
积雨云（雷雨形势）	积雨云的单独分云量≥3成	消失
雹	出现	停止
云蔽山	蔽山云层的累积云量≥5成	蔽山云层的累积云量≤3成
低　云	云量≥7成且云底高≤200米	云量≤5成或云底高≥300米
雷　暴	出现	消失
飑	出现	
龙　卷	出现	消失

降兵部队遂行任务提供所需的气象资料，为天气预报、气候分析和科学研究提供和积累气象资料。空军气象台站均按统一规定的时间、项目和程序进行观测。观测所获得的气象资料具有代表性、准确性和比较性。

种类和时次　空军地面气象观测按观测时间，分为定时观测和不定时观测。定时观测是指气象台站按统一规定的时间、次数和项目进行的观测。航空兵、空降兵部队的基本气象台为每小时正点观测一次，每日24次，简编气象台为昼间每小时正点观测一次，每日不少于13次；高射炮兵气象站为昼间每2小时正点观测一次，每日不少于7次；空降兵部队的引导气象分队和炮兵气象站的观测时次根据任务而定。不定时观测是指在定时观测以外，根据任务需要、有关气象台的要求和天气变化情况进行的观测，通常包括半点天气观测、危险天气观测、临时天气观测、加强观测、起飞线塔台观测以及飞行事故特殊观测等。



机场气象台观测场

观测项目　定时观测的项目包括云、能见度、天气现象、风、气温、湿度、气压。每日的24时进行最高气温和最低气温的观测；有降水时，每日的06、12、18、24时进行降水量和降水时数的观测；有积雪时，每日的08时进行积雪深度的观测；根据任务需要或上级规定，在08时和20时进行地表状态的观测。不定时观测的项目，根据相应的标准执行，没有标准的，由气象台站根据任务需要确定。半点天气观测、加强观测和起飞线塔台观测的项目，通常包括云、能见度、天气现象和风；危险天气观测的项目，按危险天气观测标准（见表）执行；临时天气观测的项目，根据需要确定；飞行事故特殊观测的项目，通常与正点观测的项目相同，与飞行关系密切的观测项目应尽量进行器测。

观测场所　空军气象台站建立固定的观测场（见图）、观测室、测云设备安置场和一定数量的观测点，以保证观测结果能代表当地特别是机场跑道地带的天气实况。观测仪器设备通常包括测温、测湿、测风、测压和测云的仪器，自动化观测设备中的传感器可测温、压、湿、风和降水等气象要素。

（张泰喜）

kongzhong qixiang tance

空中气象探测　(flight meteorological sounding)　从空中对地面以上大气的气象要素和物理、化学特性进行的测量。以测定大气各高度上的温度、湿度、气压、风向、风速为主，根据需要还测量大气成分、臭氧、辐射、大气电、大气气溶胶等。主要的探测方法有气球探测、探空仪探测、测风雷达探测（见图）、飞机气象探测、气象卫星探测、气象火箭探测、GPS大气探测等。空军气象台站日常主要采用气球探测、探空仪探测和测风雷达探测等方法，定时或不定时探测30千米以下各高度上的温度、湿度、气压、风向、风速等。定时空中气象探测，航空兵部队气象台通常于每日北京时间02时进行，高射炮兵气象站通常于每日北京时间07时和19时进行；不定时探测，根据气象保障任务需要确定。探测资料主要用于保障航空兵、空降兵、高射炮兵顺利遂行各项任务和天气预报、气候分析及科学研究等。

中国人民解放军空军开展空中气象探测业务，始于20世纪50年代初，主要采用经纬仪测风和苏联的无线电探空。60年代起，逐步装备了测风雷达。80年代，大量采用无线电遥测、遥感技术和计算机控制技术等，基本实现了探测手段半自动化、实时资料处理自动化。随着科学技术的不断发展和气象卫星、无人气象侦察飞机、GPS测风等新型设备的使用，空军将实现空基和地基相结合覆盖地域广阔的立体空中气象探测系统。



测风雷达探测

（刘凤军）

qiqiu tance

气球探测　(balloon sounding)　用气象气球作为示踪物或观测平台进行的空中大气探测。气象气球内充氢或氦等轻于空气的气体，产生浮力升空。早期的气球用纸或纺织物制作，19世纪末采用乳胶制作，增加了探测高度。20世纪60年代开始使用聚乙烯或聚脂薄膜制作的气球进行定高或平流层大气探测。

用气球作为示踪物的气球探测有测风气球探测和测云气球探测。测风气球探测是用测风经纬仪观测随风飘升的气球，定时采集经纬仪的方位角和仰角示度，计算出不同高度的风向、风速。测云气球探测是用经纬仪或目力观测随风飘

升的云幕气球，根据气球进入云层目视开始模糊的时间计算云底高。测风气球和测云气球探测时，确定气球空间位置所需的高度，是通过严格的气球充气方法控制气球升速来推算的，气球体内气体的漏泄和空气密度的变化都会影响气球的升速。测风气球和测云气球分为两种型号，球皮重量分别约为34克和13克，有红、白、黑3种颜色，根据天空背景和亮度情况选用。

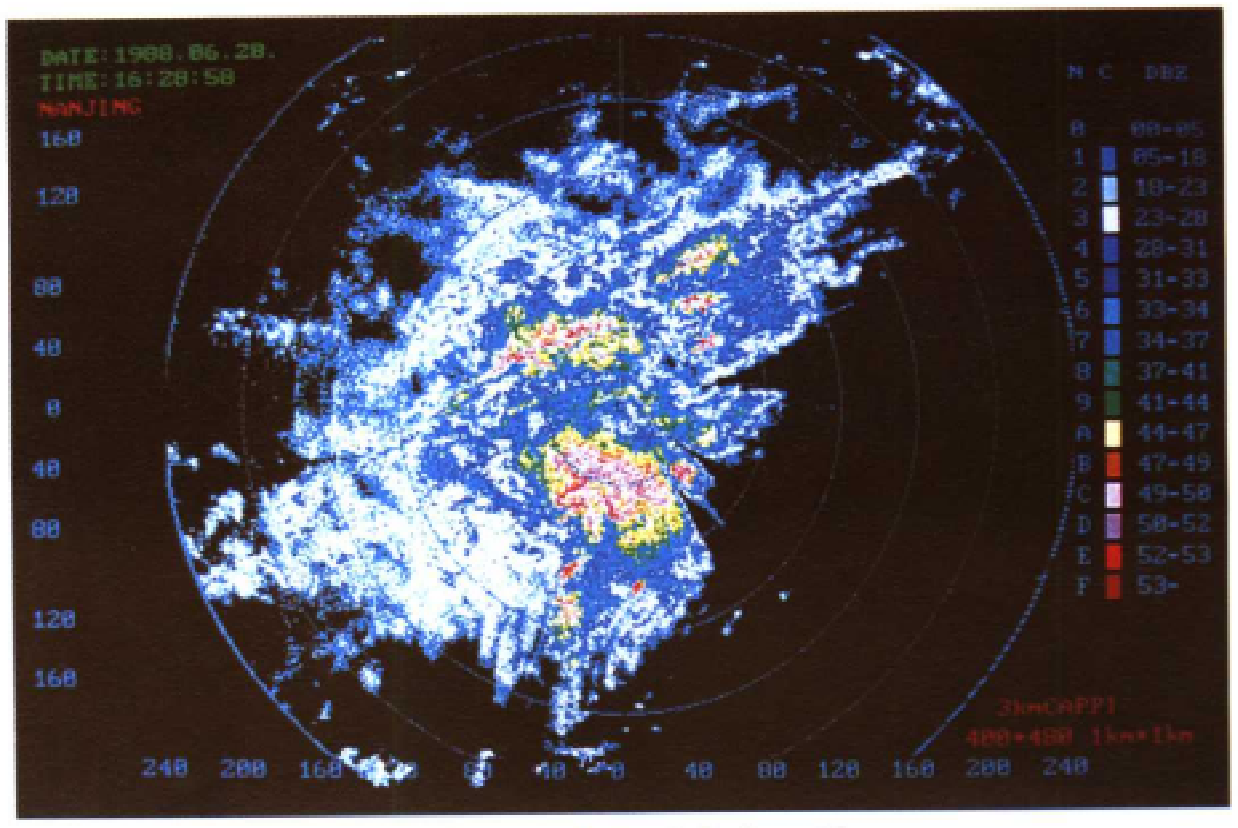
气球作为观测平台是用于携带探空仪或其他测量仪器升空进行空中大气探测。有探空气球探测和用于科研目的的平移气球探测、平流层气球探测和系留气球探测等。探空气球探测即探空仪探测。平移气球探测也称定高气球探测或定容气球探测，通常气球在空中某一高度上随风飘移，可探测飞行高度上大范围的气象要素分布，或携带若干下投式探空仪，按地面指令投放，探测某一地区气象要素的垂直分布。定高气球有超压气球和零压气球两种。超压气球保持高度的性能较好，寿命长，平均可达五六个月。平流层气球探测是用气球携带探空仪测量平流层内的大气成分、大气电、臭氧、辐射等。系留气球探测是用绳索将气球稳定在某一高度，在气球下一定距离或系留绳上不同高度处悬挂探测仪器，测量边界层大气的气象要素值。系留气球用绞车收放，可反复多次使用。

（高庆凯）

tankongyi tance

探空仪探测 (radiosonde sounding) 使用探空仪进行的空中大气探测。探测的内容为地面到30千米高度的气压、气温和湿度。与测风经纬仪或测风雷达配合还可测量空中风。1927年无线电探空仪问世以后，用探空仪探测逐渐成为常规空中气象探测的主要方法。是中国人民解放军空军气象业务中应用较多的一种空中气象探测手段。

我国使用的探空仪主要有电码式、电子式和数字式3种。电码式探空仪通常由感应器、编码器、转换开关、发射机和电源等部分组成。感应器的量程，气温为40～－90℃，气压为1 060～5百帕，相对湿度为0～100%。探测时，感应器随环境气象要素变化而产生形变或电参数变化，编码器将感应器的变化按一定规律转换成电信号，转换开关则轮流把不同气象要素的信号传送给发射机发出。地面探空站用接收机接收探空仪发出的电信号，经处理后，计算出各高度的气象要素值。21世纪初以来，空军气象部门使用的探空仪主要为电子式和数字式两种。



气象雷达显示的气象云图

探空仪探测通常用探空气球把探空仪带到空中进行探测。探空气球有300克、600克和750克3种。还有从飞机或平移气球上投下的探空仪，用降落伞控制其下降速度进行探测，称为下投式探空仪探测，多用于敌区、海上或测站稀少地区。

探空仪探测除用于探测空中气温、气压和湿度外，在科学研究中，还可用特制的探空仪探测空中的太阳辐射、地球辐射、臭氧垂直分布、电位梯度、大气折射率、空气导电率、空气—地球电流密度和自由大气的放射性等。

（高庆凯）

qixiang leida tance

气象雷达探测 (meteorological radar sounding) 利用气象雷达对地面以上大气的压力、温度、湿度、风、云等气象要素和降水等天气现象进行的探测。是空军气象保障的重要手段之一。

第二次世界大战期间，美国和英国开始把雷达用于大气探测。气象雷达探测发展初期，是手工操作。20世纪70年代，计算机、微处理器、集成电路和彩色显示等先进技术广泛应用于气象雷达中，实现了探测资料的实时处理，提高了探测的自动化水平；此时期风廓线雷达进行大气探测的技术试验和业务应用也同步展开。80年代，多普勒气象雷达的探测开始应用于气象业务。中国人民解放军空军1957年开始利用军用雷达探测天气，60年代初建立气象雷达探测业务，并在60年代中期开始装备中国自行设计、生产的测风雷达和测雨雷达。

雷达探测可以组网探测，也可以单站探测。按用途分为3种：①雷达测云。利用毫米波对大气中未形成降水的低云和中云进行探测，测量云层高度、厚度及云内部的物理特征。②雷达测雨。利用雨滴、冰晶等对电磁波的散射作用探测大气中的降水现象。一般能探测高度20千米以下，距离200～400千米以内降水的分布、强度和降水量。多普勒气象雷达还利用多普勒效应来测量云和降水粒子相对于雷达的径向运动速度和速度谱宽，可更有效地对雷雨、冰雹、台风以及低空风切变、下击暴流等危险天气进行监测。③雷达测风。分为测风一次雷达和测风二次雷达。测风一次雷达是雷达跟踪气球或降落伞携带的无源金属反射靶，接收反射靶的反射信号来实现定位；测风二次雷达是跟踪气球或降落伞携带的工作于应答状态的探空发射机信号来实现定位的。根据雷达获取的方位、仰角与斜距，计算出空中风。同时与探空仪配合探测地面以上大气的压力、温度和湿度。风廓线雷达测风是利用晴空无线电折射指数起伏对电磁波产生散射的特性，探测1～100千米高度间的大气风场和大气湍流等。

气象雷达探测技术的发展趋势主要是：①进一步应用计算机技术和现代数字信号处理技术，提高气象雷达探测的实时处理能力。②进一步采用极化分集、电扫描天线等技术，提高探测的数据采集能力。③随着多普勒技术的发展，脉冲多普勒气象雷达探测将重点发展。

（刘宪勋）

feiji qixiang tance

飞机气象探测 (aircraft meteorological sounding) 用飞机携带气象探测仪器

和数据处理设备，在空中对大气进行水平和垂直的气象探测。

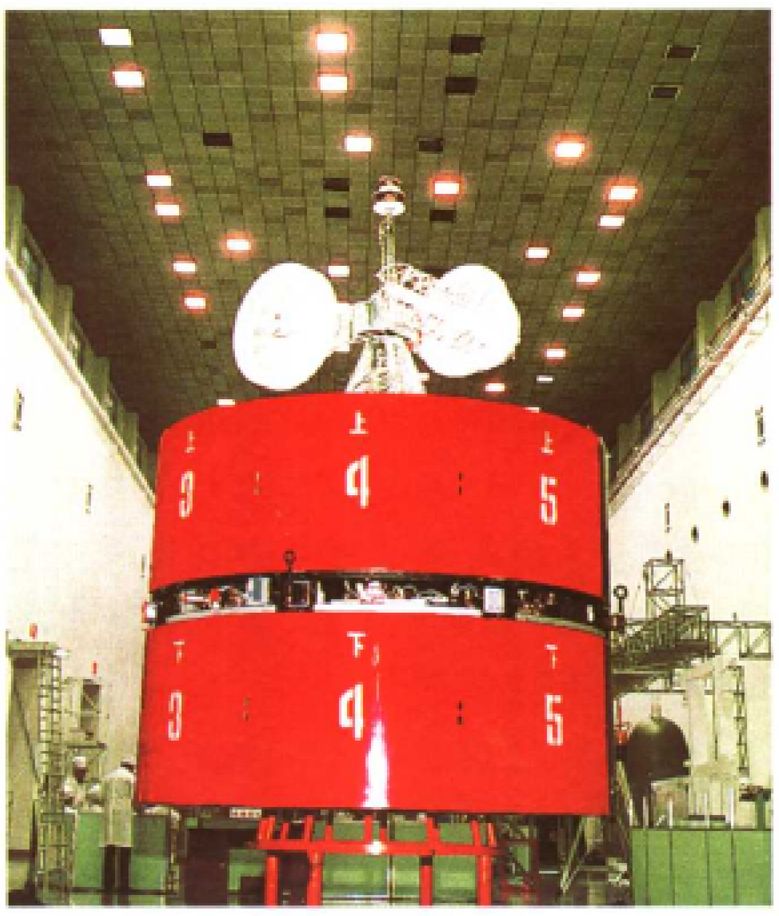
气象探测用的飞机大多由轰炸机、侦察机或运输机改装而成，也有专用的气象探测飞机，民航或执行军事任务的飞机也可兼作航线或区域的大气探测，许多国家还采用无人气象飞机。气象飞机探测的主要内容有：气压、气温、湿度、风向、风速、云、空中能见度等气象要素，降水、雷暴、沙尘暴等天气现象，表征大气状态的云的微观参数、大气电场、大气化学参数等，以及发生飞机积冰和飞机颠簸的区域、高度及强度。

飞机气象探测可为天气分析预报、科学研究试验，特别是航空气象保障提供大量的空中气象资料；可根据需要对大气状态和天气系统的实际情况进行专门的探测，例如对锋区、台风的探测等；可获取海洋、沙漠、山区和无测站地区的空中气象资料。飞机作为气象探测平台，具有机动、灵活和针对性强的特点。

飞机气象探测是空军航空兵和空降兵获取空中气象资料的重要手段，特别在复杂气象飞行、远海飞行和在缺少气象资料的区域飞行时，利用飞机探测，查明飞行航线或飞行活动区域的天气状况，对指挥员决策、完成任务和保障飞行安全具有重要作用。战时，气象飞机探测是获取战区气象情报的机动、有效的手段。在以精确打击为主要作战手段的现代战争中，飞机气象探测将发挥越来越重要的作用。（周红红）

qixiang weixing tance

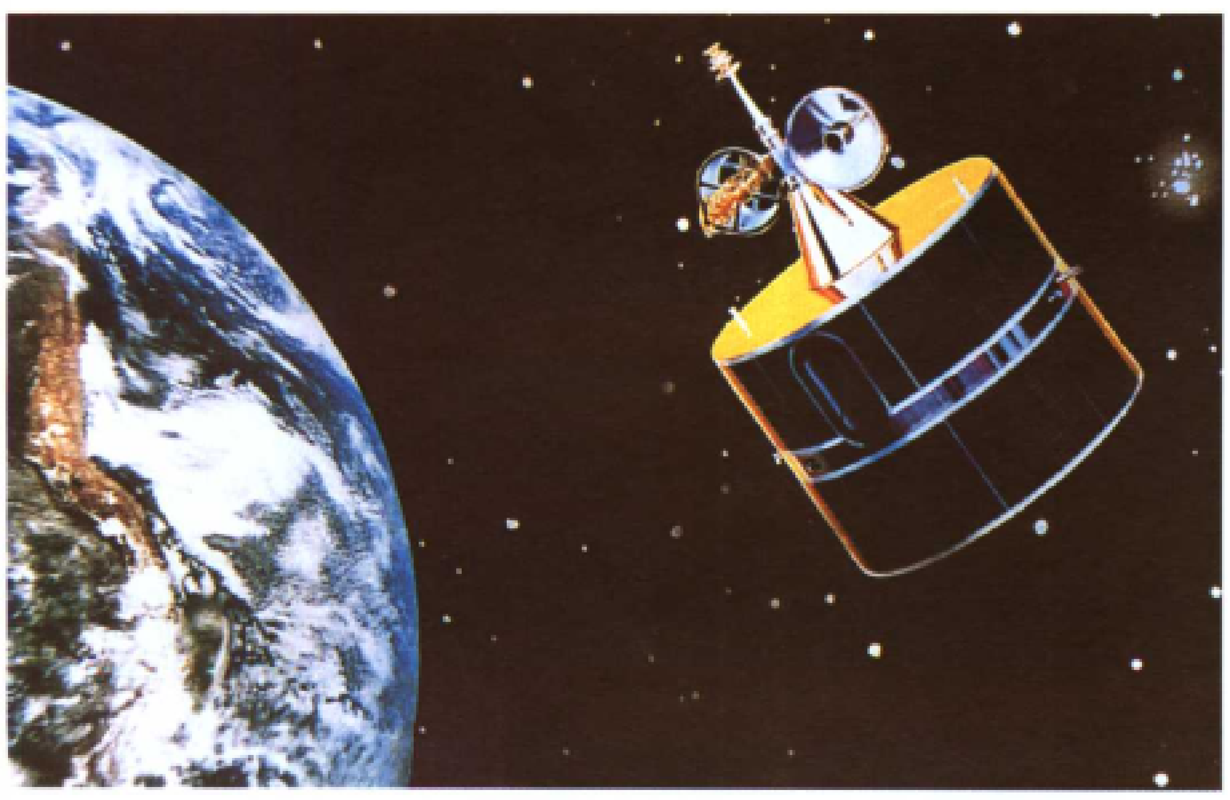
气象卫星探测 (meteorological satellite sounding)　气象卫星利用星载的各种遥感探测仪器在空间对地球—大气系统



中国“风云”2号气象卫星

进行的探测。可提供全球范围的大气探测资料，广泛应用于监测危险天气、制作天气预报、进行大气科学研究和实施气象保障等。

进行大气探测的卫星主要有极轨气象卫星和地球同步气象卫星两大类。极轨气象卫星的运动采用近极地太阳同步轨道，卫星轨道平面和太阳光线保持固定的交角，运行高度约为600～1 500千米，每条轨道都经过高纬度地区。极轨气象卫星每天在固定时间经过同一地区两次，每隔12小时左右就可以获得1次全球的气象资料。这种卫星包括：中国的“风云”1号(FY−1)、“风云”3号(FY−3)系列、美国的泰罗斯(TIROS)系列、托斯／艾萨(TOS／ESSA)系列、艾托斯／诺阿(ITOS/NOAA)系列、泰罗斯−N/诺阿(TIROS−N/NOAA)系列，苏联的流星系列等。地球同步气象卫星的运行高度约为35 800千米，轨道平面和地球的赤道平面重合，运行周期和地球自转周期相等，卫星因相对于地球静止，所以又称静止卫星。静止卫星有效探测范围为南纬50°至北纬50°、经度跨度约100°的近似圆形，可以在30分钟之内对其有效探测范围完成1次探测，还可对特定范围内的天气进行加密探测。静止卫星所处的位置高，其分辨率比极轨卫星低。这种卫星包括：中国的“风云”2号(FY−2)系列、美国的戈斯（GOES）系列、欧洲航天局的METEOSAT系列、日本的葵花(GMS)系列等。气象卫星携带的探测仪器包括：电视照相机和扫描辐射仪、红外探测器、微波探测器、紫外光谱仪、平板辐射仪、空间环境检测器等。



气象卫星探测大气示意图

气象卫星探测获得的大气资料主要有：①卫星云图资料。包括可见光和红外云图。②卫星探空资料。包括气温、湿度、臭氧的垂直分布，云中含水量和降水强度等。③卫星测风资料。主要是由云的运动测算风向、风速。④卫星辐射探测资料。包括地—气系统将太阳辐射和散射回太空的短波辐射资料，以及地—气系统向太空发射的长波辐射资料。这些资料在气象业务和科研中均有重要的作用，尤其是对提高航空天气预报质量，保证飞行安全具有重要意义。

（杨越奎）

qixiang huojian tance

气象火箭探测 (meteorological rocket sounding)　用火箭携带气象仪器对高层大气的探测。气象火箭所获取的高层大气资料，是从事空间科学研究、发展尖端武器和军事气象保障所必需的。在卫星、导弹的运行轨道(弹道)和载荷计算，稳定性分析，精度分析，航天器回收控制系统，结构强度和防热等设计中，高层大气资料更是不可缺少的。气象火箭探测的高度范围是大气的中间层和平流层，一般为20～100千米，探测项目主要有气压、气温、大气密度、风向、风速、大气湍流和太阳辐射，以及大气中的电变量和微化学成分。

气象火箭通常是小型无控火箭，具有结构简单、成本低廉、发射方便等优点。它与地面发射设备、遥控跟踪定位及数据处理设备共同组成气象火箭探测系统。探测方法有：利用火箭携带的感应压力、温度、电变量等的探测仪器将飞行中测得的数据用无线电波发送到地面；火箭达到最大高度时，释放带有降落伞的探测仪器，在其下降过程中测量高空大气的压力、温度、电变量等；火箭在空中释放金属箔条、化学发光物质等示踪物，地面跟踪设备根据探测的数据推算高空大气的风向、风速；用雷达



中国“织女”1号气象火箭　陈世敏摄

跟踪偶极子云来获得风的资料；火箭在空中射出的钠和钾而形成的离子云能获得风、大气湍流和气温的资料；利用地面设备接收火箭携带的仪器从空中发出的电波、声波等获得风和气温的资料，用于分析、研究大气的结构；利用火箭抛出自由下落球的加速度值直接测定大气密度；也可利用气象火箭在高空对空气成分取样，用于分析、研究大气的微化学成分和物理特性。

世界上第一枚气象火箭是美国1946年秋发射的“女兵下士”火箭，将11千克的有效载荷送到70千米的高空。中国从1959年以来已研制出5种型号的气象火箭，主要用于探测距地面20～60千米高空的气压、气温和风向、风速等资料。其中“和平六号”可探测距地面30～80千米高空的大气密度和风向、风速等。20世纪60年代末期，利用气象火箭探测大气的工作已发展成为全球性的协作网，许多测站都定期发射火箭，交换探测资料，对比探测仪器。气象火箭探测方法将伴随着现代科学的发展，向着箭体小型化、操作自动化、探测数据准确化和探测项目多样化的方向发展。

（张兴家）



中国958－19L气象火箭

GPS daqi tance

GPS大气探测　(GPS atmospheric sounding)　利用GPS技术对空中大气的探测。主要用来探测空中的气压、气温、湿度和风等气象要素，大气可降水汽量和大气折射率等。

GPS是导航卫星定时测距全球定位系统(Navigation Satellite Timing and Ranging／Global Positioning System，缩写为NAVSTAR／GPS)的简称。是美国为满足陆、海、空军导航和定时需要而研制的第2代卫星导航系统。1973年开始研制，不久即投入使用。GPS由空间部分、地面监控部分和用户部分组成。空间部分由24颗卫星组成，分布在6个等间隔的轨道面上，轨道面相对于赤道面的夹角为55°，轨道为近圆形。GPS可以保证全球任何地点、任何时刻都能同时有4颗以上的卫星进行观测，具有全球、全天候和连续实时定位的能力。

20世纪80年代，GPS开始用于大气探测研究。90年代，芬兰、英国和美国等国家进行了GPS测风试验。1993年美国国家海洋大气局在俄克拉何马和堪萨斯附近组织了名为GPS/STORM的地面GPS探测实验。1995年4月利用发射升空的小型卫星MicroLab1，进行了GPS/MET实验。中国的科学家也研究了GPS探测大气可降水汽量的方法及探测的误差。

GPS大气探测按工作平台，分为气球载或降落伞载GPS探空、地面GPS大气探测和星载GPS大气探测。①GPS探空是利用携带GPS接收机的探空仪在升空或降落过程中，根据GPS接收机接收的信息及温、压、湿传感器的信息，由地面处理设备计算空中各层的风向、风速，以及气压、气温、湿度。GPS测风有两种不同的体制：多普勒频移测速技术和伪码测距定位技术。②地面GPS大气探测是通过地面固定位置上的双频GPS接收机接收数据，获得天顶湿延迟，将其转换为可降水汽量，来监测大气中水汽含量的变化。③星载GPS大气探测是采用GPS无线电掩星技术，利用低轨卫星上的GPS接收机接收正在被地球大气遮蔽的GPS卫星信号，根据GPS卫星信号在穿透地球大气层时的延迟，反演出掩星剖面上大气的折射率、气温、气压和水汽的分布。

（刘宪勋）

daqi tuanliu tance

大气湍流探测　(atmospheric turbulence sounding)　利用专门的仪器对大气湍流运动的物理特性进行的探测。测定的内容包括湍流速度3个分量的强度，在一点或两点的湍流速度相关、耗散尺度和积分尺度，以及湍流引起的随机标量场(如气温、水汽、污染物)等。

大气湍流的频谱十分宽广，尺度小的仅为厘米量级，大者可达数百千米，是一种三维的随机性脉动流。脉动量频率较高，要求仪器感应元件具有响应快的性能。对于不同的研究对象或任务要求，采用不同的传感器和安装平台。①测定大气边界层中的湍流，通常用热线风速仪或超声风速仪，多架设在铁塔上。②测定自由大气中的湍流，主要用飞机作为平台，安装不同的仪器：用高精度的陀螺仪，测定飞机的姿态变化(俯仰角和滚转角)，从而推断大气的湍流状况；用加速度计测定过载的方法，测定3个正交方向的脉动值；用机载前视红外测定系统，测定晴空湍流。它以红外辐射计作为探头，传感器输出响应电压的标准偏差，与阈值进行比较，当偏差大于阈值者，即发出警报。

大气湍流会使飞机发生颠簸，严重时会危及飞行安全。大气湍流探测的技术还不成熟，研究大气湍流探测的技术和方法，对提高航空气象保障能力具有重要意义。

（金维明）

shandian tance

闪电探测　(lightning detection)　利用专门电子设备对闪电位置和强度进行的探测。探测项目有：闪电定位、闪电计数和闪电瞬间电磁场等。闪电定位是闪电探测的主要项目。闪电探测可用于雷暴

和降水预报，对于航空，火箭、导弹的发射，森林防火和电网安全防护等都有重要意义。

闪电计数 探测闪电次数的仪器需选择一定的接收频率宽度和灵敏度阈值电平。当闪电电磁波的频率与场强落在选定的范围内时，则被计数器的天线接收，经放大并转换成脉冲以推动计数装置。闪电计数器主要用于识别冰雹云，一块强冰雹云的闪电频数在5分钟内可达400次以上。

闪电瞬间电磁场 在闪电的回击阶段，强大的电流脉冲将引起迅速变化的瞬间电磁场。它从孔隙或非金属复合材料进入，或从机体的蒙皮渗透进入，与飞机内部电路耦合，可感应几百或上千伏瞬间电压，脉冲前沿升起时间仅约10微秒，可对机载微电子设备造成干扰或毁坏。除直接电击外，还有沉积静电电晕(电弧)放电以及就近电击引起的电磁场瞬变。试验表明，对自成回路的系统，其影响微弱。

闪电定位 分为多站法和单站法。多站法有两种：①交叉环形天线阴极射线定向仪(CRDF)法。定向仪由两个相同的垂直环形天线组成，并分别指向南北和东西。相对于正北成ϕ角度的外来垂直极化天线，使两个环形天线都感应信号，信号分别正比于$\cos\phi$和$\sin\phi$。在理想情况下，当信号被加到阴极射线管的偏转板上时出现一条直线，直线与垂线的夹角即为天线的方位角ϕ。阴极射线定向仪通常工作在甚低频频段。至少在相距500～1 000千米的两个测站同时观测同一个闪电信号才能确定其位置。除上述仪器外，还用一根鞭状天线接收电场信号以消除方位反向的不确定性。闪电通道常常不是对地严格垂直，在传播过程中还会产生极化方向的交叉干扰，而定向仪接收天线做不到绝对不接收水平分量，这种干扰引起的误差，一般为5°～30°。此外，接收站所处地形也会引起误差。②到达时间法(TOH)。探测同一个闪电的起始信号到达各测站的时差来确定闪电位置。此方法可以避免交叉环形天线阴极射线定向法所存在的误差，但对各测站的定时要求高，价格昂贵。多站法闪电探测设备主要有美国的LLS多站定位系统和英国的ATD多站定位系统。

单站定位分场强估计法、时间差法和极低频振幅频谱法。1985年科尔曼等提出的闪电单站式定距法是能够满足使用的单站定位法，其原理是通过测定闪电脉冲中两个不同频率的磁场分量的幅度比定距。中国在1992年研制试验的单站式设备，其测距方案采用了极低频振幅频谱法。

闪电探测备受各国的关注，该项设备正在发展中，它将沿着提高探测精度、可靠性和设备操作自动化的方向发展。

（张兴家）

nengjiandu tance

能见度探测 (visibility sounding) 通过测量光在大气中传播时的衰减(或散射)参数，结合人眼视觉因素确定能见度值的探测。仪器探测能见度是实现气象观测自动化的重要环节。

能见度探测按业务性质分为两类：①气象能见度。是色温为2 700K的白炽灯的平行光束光通量削弱为其初始值的0.05时所需通过的大气路径长度。该值客观地表示大气的光学状态，完全不受气象条件之外的任何影响，也称气象光学视程(MOR)。②跑道视程(RVR)。在机场跑道中心线上，飞机上的飞行员能看清跑道地面标志或能看清跑道中心线灯的距离。日光条件比较好时，跑道视程的数值是根据跑道或标志物对于背景的对比在气象能见度数值基础上的修正，而在夜间或日光条件比较差必须启用机场灯光时，跑道视程则是特定强度等级的跑道灯光能见距离。

探测气象能见度的设计原理有两种：①根据布格-兰伯特定律$F=F_0e^{-\sigma\iota}$，测量投光器光通量为F_0的定标平行光束经过基线长度为ι的空气柱到达受光器时的光通量F以确定消光系数σ。②根据光的散射与消光相关的原理，通过测量一个小空气团对定标光的散射值反演消光系数σ，然后导出气象能见度，并在此基础上经过修正可求出跑道视程。探测跑道视程的方法还有模拟人眼的电视法，这种方法只是用来直接得到模拟人眼的观测数据，而不涉及大气的光学参数。

常见的能见度探测仪器有：光度遥测仪器、目视消光表、光电式透射表(见图)和散射系数测量仪等。随着科学技术的进步，用器测方式探测能见度将日益增多。探测仪器将向着操作自动化和探测数据准确化的方向发展。

（张兴家）

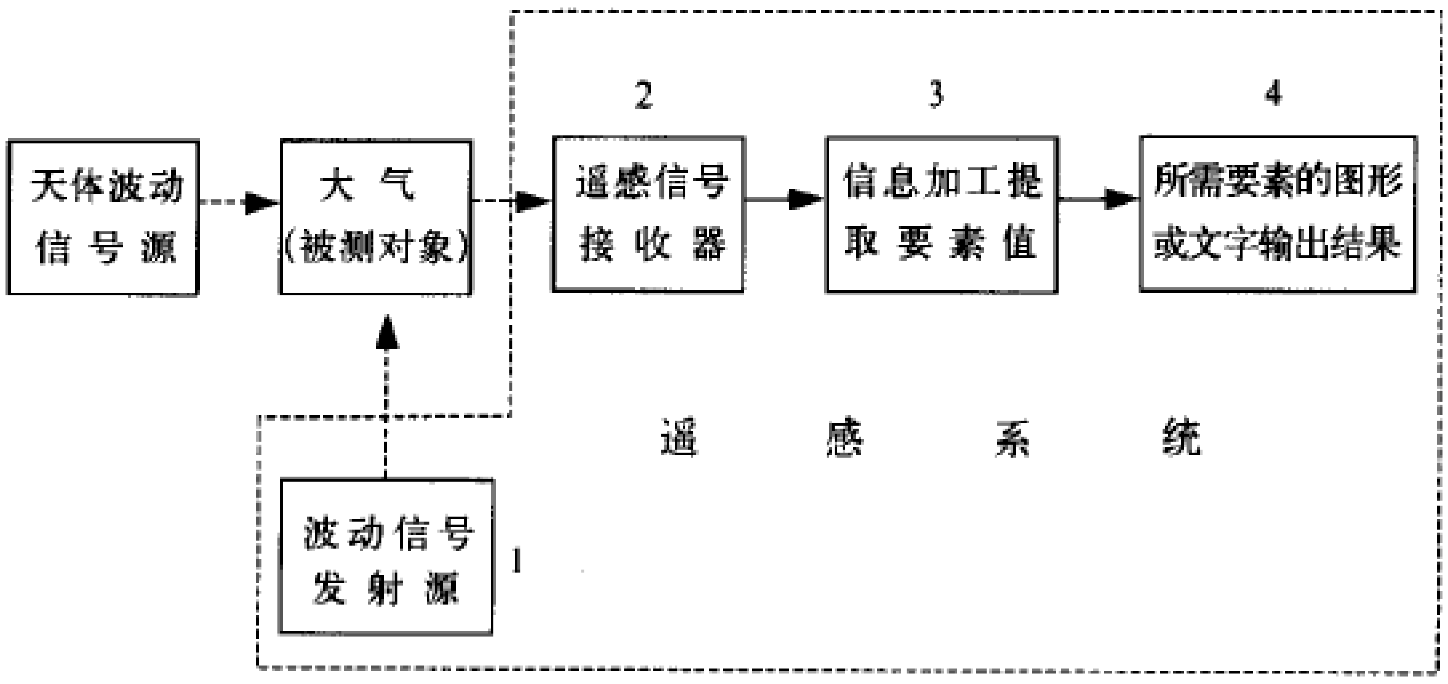


光电式透射表(发射端)

daqi yaogan

大气遥感 (atmospheric remote sensing) 在一定距离外，通过感应元件感测或识别大气中天气现象或相关的热力、动力学特性的探测技术和方法。是重要的间接大气探测手段，在探测大气温度场、风场、湍流扩散及大气污染监测等方面得到了广泛的应用。

原理 大气及其气体成分既是光波、



主动大气遥感系统与被动遥感系统的区别与联系示意图

微波、无线电波、声波和次声波等的发射源，同时又是这些波的传播介质。掌握运用大气的不同成分或大气本身发射这些波的基本规律和影响波传播特性（频率、相位、振幅、偏振等）、不同频率的辐射与大气介质之间的相互作用（折射、散射、吸收、频散等）关系，将接收到的遥感信息根据辐射衰减理论和相应的反演算法计算出有关大气的温、湿、压、风、云、降水等气象要素或天气现象。

特点　与常规大气探测相比，遥感探测具有以下特点：①探测器远离被测对象，防止了常规探测中测量仪器对被测大气的扰动。如气象雷达和次声感应器等能接收或显示视野以外的大气信息。②探测器一般不直接显示大气要素，而是记录、存贮或显示大气本身发射或经过大气作用后的电磁波信号。③大气中经常存在其他信息，形成很强的背景干扰，探测器所测到的波动信号一般都很弱，大气遥感需要在强噪声中提取信号，对接收系统要求较高。④所测波动量与所需要的气象要素值之间有一个“转换”过程，其转换精度直接影响大气遥感探测的质量。需进行遥感信息的识别、反演。

分类　根据遥感探测使用的电磁波波长的不同，大气遥感通常分为可见光遥感、红外遥感、声学遥感、多光谱照相和微波遥感等。根据使用的遥感平台不同，大气遥感一般分为地面遥感、航空遥感和航天遥感。地面遥感是指以地面站、车、船等地面设备为遥感平台的遥感技术。航空遥感是指以气球、飞艇、飞机或其他空中飞行器为遥感平台的遥感技术。航天遥感是指以人造卫星为遥感平台的遥感技术。

根据遥感探测系统的组成情况，大气遥感又可分为主动遥感和被动遥感两类。常见的大气遥感探测过程（见图）。图中虚线箭头表示波动信号传输，实线箭头表示有线信息流，带有单元1的系统称为主动式遥感系统。例如微波气象雷达向大气中的云雨发射微波脉冲，然后接收云雨对发射脉冲的散射信号。不包括单元1的系统为被动式遥感系统，它接收的是大气本身发射的波动信号。此外，还有一种利用太阳等天体作为信号源，接收的是与大气相互作用后的天体波动信号，这一类遥感仍属被动遥感。

大气遥感技术的发展将有效地促进航空气象保障质量的提高。各种新型的遥感探测设备，如微波雷达、声雷达、激光雷达以及无线电声学探测系统等可以直接探测航线上的积雨云、雷电、冰雹、低空风切变、强对流等飞行危险天气。装载于气象卫星上的扫描辐射计可以大幅度提高云图分辨率，高分辨率红外分光计和微波辐射计等可以提供高精度的大气温、湿廓线资料，对于提高航空天气预报质量，特别是数值预报质量会有重要作用。

简史与展望　早在20世纪20年代，科学家就开始应用吸收光谱定量分析理论和实验技术，在地面观测透过大气层的太阳紫外和近红外光谱的辐射信号，推算出大气层内臭氧和水汽的总含量。但真正的大气遥感开始于第二次世界大战期间，即气象雷达的使用。当时利用雷达搜索飞机的时候，人们发现云雨等天气现象对雷达回波有很强的“干扰”，因云雨和飞机一样会散射雷达发射的电磁波，从而被雷达接收到并显示出回波。这种干扰引起了气象工作者的注意，凭借这类“干扰”回波可以确定几百千米范围内大气中的云雨分布，从此发展了气象雷达探测技术。20世纪60年代出现的气象卫星遥感则开创了大气遥感的新阶段。随着现代科学技术特别是航天技术的不断进步，大气遥感技术将在多方面有较快发展：①卫星遥感技术成为主动和被动相结合的遥感技术。②多电磁波段以及将电磁波、声波、重力波等多波段相结合的遥感。③全天候遥感。④定量遥感。　（王汉杰）

hangkong qixiang guantance shebei
航空气象观探测设备　(aviation meteorological observing and sounding equipment)　用于实施航空气象保障的各种气象观探测仪器和设备的总称。是实施航空气象保障的物质和技术基础，是空军保障装备的组成部分。

航空气象观探测设备分为地面气象观测设备和空中气象探测设备两类。①地面气象观测设备。主要有各型温度表、湿度表、气压表（计）、测风设备、测云设备、测降水设备和机场地面气象观测自动化系统等，用于测量气压、气温、湿度、风、降水、云底高和能见度等影响飞行活动的气象要素。②空中气象探测设备。主要有各型气象雷达、气象卫星接收处理设备、气象侦察飞机、气象火箭、风切变探测系统、无线电声学探测系统以及大气遥感设备等，用于探测近地面层以上大气的压力、温度、湿度、风向、风速、云层和降水分布以及大气密度、大气电场、大气湍流、闪电和风切变等影响飞行活动的气象要素和特殊天气现象。

航空气象保障中，使用气象观探测设备始于第一次世界大战。早期使用的观探测设备比较简单，没有专用于航空气象保障的设备。第二次世界大战前后，各工业发达国家根据军队的使用要求开始研制军队专用的气象观探测设备，并应用于航空气象保障中。根据航空气象保障的需求和气象观探测设备种类的增多，逐渐形成了用于航空的观探测设备的体制和系列。美国、苏联等国的航空兵部队大量装备了自动气象站、气象雷达、空投气象站、野战气象仪和机载气象仪器，以及气象侦察飞机、气象卫星和气象

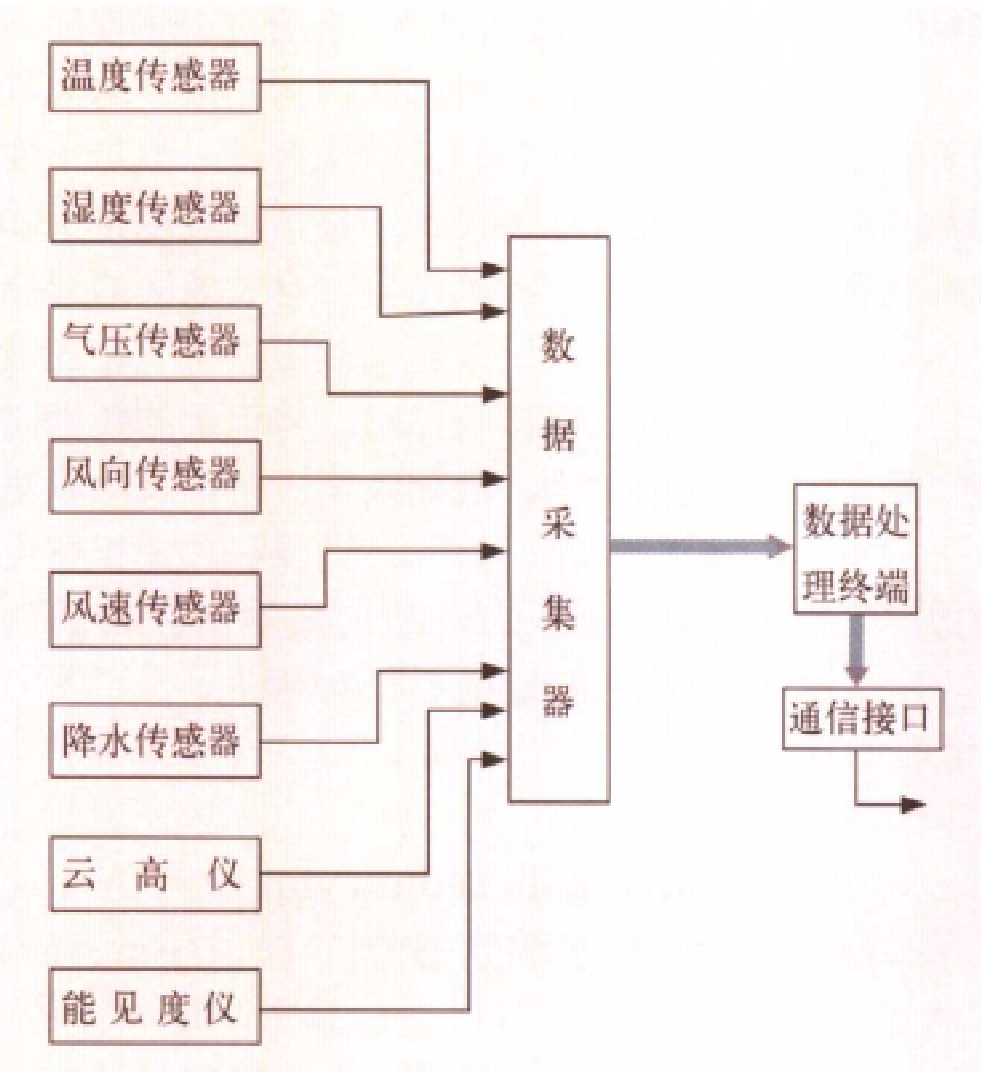
火箭等。中国人民解放军从1944年开始使用简易的航空气象观测设备，用以获取部分气象保障资料。50年代以后，随着空军气象保障要求的不断提高，性能先进的气象观探测设备不断增加，逐渐形成了中国航空气象观探测设备的体制和系列。

随着大气科学和航空气象学的发展，以及电子技术、计算机技术、空间技术、遥感技术、数据处理和通信传输技术的进步和应用，航空气象观探测设备将向着自动化和系列化方向发展。

（张建国）

jichang qixiang guance zidonghua xitong

机场气象观测自动化系统 (automatic airdrome weather observing system) 在机场气象台，能自动进行地面气象观测的仪器系统。是实现机场气象观测业务



机场气象观测自动化系统组成图

自动化的重要手段。观测内容主要有：气温、气压、湿度、风向、风速、降水量、云底高和能见度等气象要素，以及天气现象等。

机场气象观测自动化系统由气象要素传感器、数据采集器、数据处理终端和通信接口等组成（见图）。使用时无人值守，定时自动观测。自动采集气象要素传感器测量的气象要素值，在终端进行计算、处理、存储、显示（或打印），并经通信接口传递到有关用户。

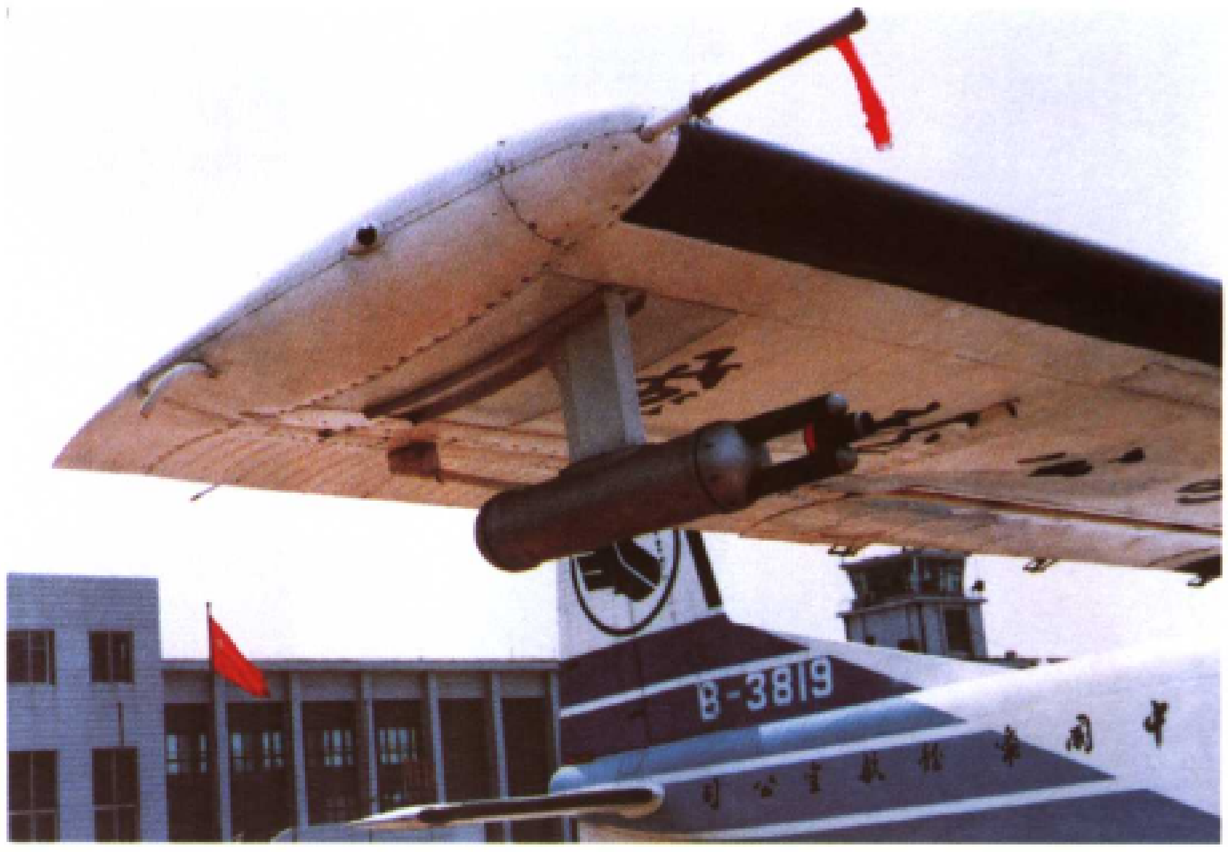
气象要素传感器主要有7种：①温度传感器。多采用电阻率随温度变化的金属材料，产生的电信号能代表气温值。②湿度传感器。采用吸附水汽的敏感物质，产生的电信号能代表湿度值。③气压传感器。采用能平衡大气压力的弹性材料，其形变转换的电信号能代表气压值。④风向、风速传感器。分为转动式和非转动式两种：转动式采用风杯和风标器件，即位移变化代表风向和风速值；非转动式采用超声波技术，即依据风对声传播的影响机理，传感器输出的电信号代表风向和风速值。⑤降水传感器。采用符合标准的水容器，其水量转换电路负载上的电信号代表降水值。⑥云高仪。多采用激光测距技术，即通过测量激光发射到云底及返回的时间计算出云底高度。⑦能见度仪。分两类：透射式能见度仪，通过测量大气透明度来确定能见度值；散射式能见度仪，通过测量大气分子和气溶胶对光的散射量来确定能见度值。

随着科学技术的发展，机场气象观测自动化系统将逐步使用高分子传感器、光导纤维传感器和生物传感器，以及激光多普勒、人工智能等高新技术，系统的集成度、测量准确度和智能化水平将进一步提高。

（杨爱农）

jizai qixiang yiqi

机载气象仪器 (airborne meteorological instrument) 安装在飞机上进行空中气象探测的各种仪器的总称。一般由传感器（或遥感器）、数据采集转换（或接收）、数据处理、数据存储记录、通信传输和电源等部分组成。要求体积小、重量轻和抗震能力强，传感器灵敏度高，数据传输快速、准确。



机载气象仪器

机载气象仪器（见图）根据飞机的专业性质分两类：①气象专用飞机。机上仪器主要有：大气物理、大气化学采样仪器，云滴谱仪、光学量子测量仪，红外、微波辐射计等遥感仪器，下投探空仪，水温廓线仪，摄像机、计算机数据处理和记录设备，以及其他专用的探测仪器等。主要用于气象保障需要的各种空中气象资料探测。②非气象专用飞机。机上仪器主要有：大气数据系统，能测出飞机周围大气的原始参数，经修正、计算后输出较为精确的大气数据和飞行参数及其变化率与偏差量，提供给飞行控制、导航和仪表显示等系统；机载天气雷达和机载风切变探测仪等，用以监测危险天气，保障飞行安全。

（周红红）

jizai fengqiebian tance xitong

机载风切变探测系统 (airborne wind-shear sounding system) 飞机上用以探测大气中风切变的位置、强度、移动方向等参数的仪器设备的统称。由于系统同时具有报警的功能，又称机载风切变警告系统。

根据传感器的功能不同，系统分为现状式和前视式两类。现状式又叫反应式，它以加速度计作为传感器，可以测出下降气流、水平风及它们的变化。此类传感器只有在飞机遭遇风切变之后才能感应到；前视式又叫预警式，飞机在遭遇风切变之前就可以遥感识别出风切变现象，并可以给飞行员提供警告信息，具有报警功能。此类系统，分别采用红外辐射计、脉冲多普勒微波雷达以及脉冲多普勒激光雷达等作为传感器。红外风切变警告系统是利用装在飞机头部的



美国霍尼韦尔公司的斯佩里风切变系统
该系统以“注意”(黄色指示灯)和“警告”(红色指示灯)两个级别的探测警告，发出“风切变”的呼叫声，指示灯在飞行指引仪上。

前视红外辐射计和侧视红外辐射计作为传感器，分别测出飞机前方10～20千米和侧方200米范围的大气温度值。通常雷暴云中下降气流的温度比周围大气的温度低。由此，可以根据两个传感器测定的温差来确定风切变值。当该值超过预先设定的警报阈值时就会发出报警信号。机载脉冲多普勒微波雷达用来测量降水粒子，或冰晶，或大气中的其他杂质的散射辐射，根据回波情况测出10～20千米范围内的风切变现象，但对干燥空气的风切变探测效果较差。机载脉冲多普勒激光雷达的工作原理与激光测速计基本相同。因其技术十分复杂，目前国内尚处于研究试验阶段。

(金维明)

wuxiandian shengxue tance xitong

无线电声学探测系统 (radio acoustic sounding system) 在风廓线雷达的基础上增加声发射装置所构成的探测系统(英文缩写为RASS)。用于遥测大气中温度垂直廓线。

RASS中声发射天线由4组组成，可采用抛物面声天线，高功率喇叭单元平面阵列，或高功率压电陶瓷平面阵列，分别放置在风廓线雷达平板天线的四周。单组声天线波束宽度约为10°±2°，声天线增益不小于24分贝，音频功率和声压级分别为1千瓦和135分贝。

声波是纵波，在其传播方向上会造成空气的压缩和膨胀，当声波波长为1/2倍的电磁波波长时，形成一个个人为的可当作温度示踪物的“声湍涡”，称为温度目标。系统工作时，先向空中发射声波以产生温度目标，然后由风廓线雷达向相同方向的空中发射电磁波信号，并由接收机接收温度目标反射回来的电磁波信号。声波的运动会引起电磁波信号的多普勒频移，该频移的大小与声波的传播速度成正比。而声波的传播速度主要取决于大气温度，根据多普勒频移量，通过下式可求出大气温度：

$$T_v=\frac{(C_a-W)^2}{401.92}-273.16(℃)$$

式中$C_a=\frac{f_a\cdot\lambda_e}{2}$为声波在大气中的传播速度；$f_a$为雷达测出的温度目标的多普勒频移；$\lambda_e$为风廓线雷达的波长；$T_v$为虚温；w为垂直风速。

声波在传播过程中衰减比较严重，随频率的增大衰减增强。一般情况下，用于边界层的RASS测温廓线的最大探测高度不大于1千米，用于对流层探测的最大高度不大于3千米，最低探测高度一般分别为60米和120米，探测精度不大于1℃。

RASS的成熟理论和技术由美国斯坦福大学的马歇尔等提出。自1987年美国空间实验室利用915兆赫风廓线雷达进行首次试验以来，很多国家和地区先后开展了此项研究。国际上，对RASS的深入研究仍在进行之中。随着RASS技术的成熟和在气象业务上的推广应用，空军气象保障中所需的边界层探测设备将日臻完善。

(胡宗刚)

daqi yaogan shebei

大气遥感设备 (atmospheric remote sensing equipment) 完成大气遥感探测任务的仪器设备的总称。又称遥感系统。具有对远距离目标信息的获取、存储、传输和处理功能。大气遥感设备一般由遥感器、遥感平台、信息传输和信息处理设备等4部分构成。遥感器是遥感系统的关键部分，用来感受来自目标物的电磁波信息，常用的遥感器有高分辨率照相机、电视摄像机、多光谱扫描仪、微波辐射计和合成孔径雷达等；遥感平台是装载遥感器的载体，有气球、飞机、火箭、人造地球卫星和航天飞机等；信息传输设备是遥感平台和地面站之间传递信息的工具，将遥感平台上获取的遥感信息以电磁波形式发向地面接收站；信息处理设备是处理和判读目标特征信息的仪器，传统设备中有图像处理设备和彩色合成仪等，用微机配合相应的图像处理软件可完成上述任务。

大气遥感设备可分为地面大气遥感设备和卫星载遥感设备。地面大气遥感设备中最具代表性的是各种气象雷达，这类遥感设备已从简单的天气现象探测雷达，发展到普遍使用的对一定空域内气温、湿度、气压和大气湍流结构等气象要素场进行测量的特种雷达，如微波雷达、声雷达、激光雷达和无线电声学探测系统等。微波雷达，特别是微波多普勒雷达，作为重要的大气遥感探测设备，已广泛用于探测湍流、扩散和三维风场等。

卫星载遥感设备主要有3种：①多通道高分辨率扫描辐射计，主要用来获取可见光和红外云图。②高分辨率红外分光计，可以获得大气垂直温度分布和水汽分布。③微波辐射计，配合高分辨率红外分光计工作，可以获得云层以下的大气温度垂直分布和云中水含量。卫星上安装的大气遥感设备还包括星载磁带机和数据传输、收集设备。有关地区的遥感气象资料先记录在星载磁带机上，在卫星经过地面接收站时，将记录的数据高速发回地面。数据收集设备，可以收集地面气象站、海洋自动浮标和放置在无人值守地区的自动气象站所获得的气温、气压和湿度等气象资料。

(王汉杰)

yundi gaodu ceding yiqi

云底高度测定仪器 (ceilometer) 测量云层底部距地面垂直高度的设备。简称测云仪。是航空气象观探测的重要设备。一般由发射器、接收器和数据处理器3部分组成。发射器由发光器件构成，接收器和数据处理器因发射器光源性质的差异而不同。云底高度测定仪器常用的有3种：①灯式测云仪，即云幕灯。又分垂直式和旋转式。垂直式云幕灯的发射器由发光源(大功率白炽灯或氙灯)、反光镜和支撑保护装置构成，光源照射到云层底部形成光斑，根据观测者与发射器的水平距离和人眼通过倾角仪确定出的光斑高度角，计算云底高度。该仪器只能在夜间使用，测量精度低；旋转式云幕灯的发射器构成和测量原理与



激光测云仪　　赵占东摄

垂直式云幕灯基本相同。其差异在于:发射器中有光源调制器件，产生的是调制光，且光斑的高度角由光电接收器确定。该仪器昼夜均可使用，但测量精度较低。②弧光测云仪。由室外的发射器、接收器和室内的数据处理器组成。根据弧光从发射经云底反射回到接收器的时间来确定云底高度。发射器由钨棒打火器件和抛物面反光镜构成；接收器由光电管和抛物面反光镜构成；数据处理器由数据处理和显示器电路构成。昼夜均可使用，测量精度较高。但弧光光源强度较弱，测量高度小于2千米，且只能垂直测量，探测范围狭小。③激光测云仪。组成和测量原理与弧光测云仪基本相同，激光光源强，探测范围可达到30～6 000米。且可多方位测量，探测范围大。

云底高度测定仪器是伴随着光源和电子技术的进步而发展起来的。激光光源具有方向性强、亮度高和单色性好等特点，适合作为测量云底高的光源。20世纪60年代初，随着激光技术的出现，一些国家先后研制出多种型号的激光测云仪。中国从20世纪70年代中期开始，也先后研制出了多种制式的激光测云设备，如激光测云仪、机场遥控激光雷达和便携式激光测云仪等，已广泛使用，在空军气象保障中发挥了重要作用。

（张兴家）

qixiang leida

气象雷达 (meteorological radar)　专门用于探测大气中风、温度、压力、湿度等气象要素以及云和降水等现象的雷达的统称。是空军气象保障的重要装备。

分类　气象雷达按用途，分为测风雷达、测雨雷达和测云雷达。按装载方式，分为固定式和机动式。由于频段、极化方式和雷达技术体制的不同，分为脉冲多普勒、调频连续波以及甚高频和超高频多普勒等气象雷达。在气象业务工作中，通常都是以用途分类的。①测风雷达是一种跟踪雷达。与探空仪和靶标(或应答器)配合工作，构成空中气象探测系统，用于探测空中风、气温、气压、湿度等气象要素。边界层风廓线雷达与声筒、微波辐射计和地面自动气象观测站配合工作，构成一个低空气象探测系统，用于探测高度3千米以下低空风、气温、气压、湿度等气象要素值。②测雨雷达又称天气雷达，用于探测云和降水等现象。以其是否具有多普勒性能分为相干天气雷达和非相干天气雷达两种。相干天气雷达也称多普勒天气雷达，非相干天气雷达有模拟和数字化两类。③测云雷达用于探测未形成降水的低云和中云，测量云顶和云底的高度。

结构　气象雷达通常由天馈线、发射、接收、信号处理、数据与图像处理(或称数字终端)、天线控制、监控和配电等分系统组成。通常将全机各分系统的所有器件、部件或分机，配置在天线、发射、综合和终端4个单元中，也有的将发射部分置于综合单元中。

原理　①在测风雷达中，测风一次雷达跟踪靶标，测风二次雷达跟踪应答器，不断测出靶标(或应答器)的仰角、方位角和斜距数据。根据靶标(或应答器)在单位时间内的位移，可以算出其高度，经计算处理后可获得相应的平均水平风速、风向。测风二次雷达同时还接收探空仪发出的气温、气压和湿度等气象要素值。风廓线雷达通过对晴空湍流的探测，获得风随高度变化的信息；与声筒配合工作，获得气温随高度变化的信息；在完成反算气压的工作之后，再以双频微波辐射计遥感反演出湿度随高度分布的信息。最终提供3千米以下大气层中不同高度的风、气温、气压和湿度等气象要素值，以廓线的形式展示出来。②测雨雷达利用大气中的水滴、冰晶等质粒对电磁波的后向散射机制，探测天气目标。③测云雷达利用大气中云滴对电磁波的后向散射机制探测未形成降水的云。

性能　①测风雷达的探测距离可达200千米，探测高度可达30千米。边界层风廓线雷达探测受雨雪的影响较大，探测高度为3千米以下。机场部署风廓线雷达监测低空风切变、下击暴流等危险天气现象，对保障飞行安全有重要作用。②测雨雷达的探测距离为200～500千米，探测高度为20千米。单站配置的机场测雨雷达，能监测本场上空和探测范围所及空域的天气情况；将配置在不同地点的测雨雷达按统一要求实施组网探测，可获取战区、航线和海域等大面积的降水分布气象情报。③测云雷达用来探测机场上空2千米以下的低云和2～6千米的中云，可获取机场上空的云底高度和云顶高度数据。

简史　1940年，美国用雷达跟踪气球探测空中风。1941年，英国使用雷达探测雷暴、冰雹等天气现象。1944年,美空军气象中队在印度用机载雷达组成天气探测网，探测航线和战区的天气情况，对保障航空兵作战和提高高炮命中率起了重要作用。1942～1943年，美国麻省理工学院专门设计了为气象目的使用的雷达。第二次世界大战后，开始广泛应用雷达进行空中气象探测和气象保障，其中除少量属于专门设计的气象雷达之外，大部分仍然沿用炮瞄雷达、机载航行雷达，或其改装产品。20世纪50～60年代，由于航空、武器试验对气象保障的需求，各国利用已有的雷达技术和遥感、遥测技术，相继研制出不同类型、体制和波段不同的气象雷达，并广泛装备部队使用。60年代，多普勒技术进入气象雷达领域，研制出脉冲多普勒气象雷达。70年代，气象雷达应用了数字技术和计算机技术，普遍采用微处理器和集成电路，增强了雷达对探测数据和回波图像的实时处理功能，提高了定量测量的准确度、雷达的自动化水平和可靠性。有些国家已联合使用多部多普勒气象雷达实施探测。80年代，脉冲多普勒气象雷达已较普遍地应用于气象探测和

科学研究中。90年代，美国逐步完成了脉冲多普勒气象雷达的全国布网。中国人民解放军空军于50年代从国外进口少量气象雷达。60年代中期，开始装备中国自行研制的气象雷达。70～80年代，利用先进电子技术和电子器件，对气象雷达实施改装，提高了性能和延长了服役年限。90年代后，国产气象雷达有了很大发展，在新型气象雷达中都综合运用计算机技术、微电子技术和现代雷达技术，研制成功了脉冲多普勒气象雷达、全自动跟踪假单脉冲体制测风一次/二次雷达与风廓线雷达等。

发展趋势 进一步应用计算机技术和数字信号处理技术，采用高性能的微电子器件，不断完善和提高脉冲多普勒气象雷达的整体功能。采用脉冲压缩、极化分集、合成孔径雷达成像等先进雷达技术，提高气象雷达的测量能力。气象雷达数据与图像处理的软件开发也将成为发展的重点。

（钟剑峰 夏连宝）

cefeng leida

测风雷达 (wind finding radar) 用于探测空中风、气压、温度和湿度的气象雷达。是为航空气象保障提供所需实时空中气象资料的重要装备。有一次雷达和二次雷达两种体制。

测风一次雷达与无线电探空仪和靶标(无源角反射器)配合工作，雷达周期性地发射脉冲信号，根据接收的靶标反射的脉冲信号，从而测得靶标的空间位置。测风二次雷达与无线电探空仪和应答器配合工作，雷达周期性地发射“询问”脉冲，应答器受其触发，立即发射同样频率的“回答”脉冲，被雷达接收，从而测得应答器的空间位置。专用接收设备或雷达同时接收探空仪发出的各高度层的气温、气压和湿度等信号。常规测风雷达采用针状波束圆锥扫描体制或单脉冲体制，工作仰角低，测角准确度高，探测距离一般为200千米，探测高度达30千米。

测风雷达在探测时，由探空气球或降落伞携带的无线电探空仪和靶标或应答器，在空中随风飘移，雷达跟踪靶标或应答器，测定其方位、仰角和距离值，同时接收无线电探空仪发射的气象要素遥测编码信号，信号经处理后，统一由计算机算出各规定高度上的平均风速、风向和气温、气压、湿度值，以曲线或数字形式实时显示或打印，最后按规范规定编制成气象通报。

1943年美国研制成无线电测风经纬仪，在此基础上于40年代末发展成测风一次雷达。50年代中期研制测风二次雷达。60年代，出现了多种体制的测风二次雷达，如英国的圆锥扫描体制的测风雷达，法国的单脉冲体制的测风雷达。80年代以来，美国研制成脉冲多普勒测风雷达。中国人民解放军空军于60年代中期开始装备国产P波段测风雷达，探测时对目标的角度和距离跟踪以及探空信号的记录，均需人工操作。70年代初期和中期，相继有国产L波段圆锥扫描体制，角度、距离自动跟踪的测风雷达和小型化的P波段测风雷达装备部队。80年代，主要利用先进电子技术和电子器件，对现役测风雷达进行改装，提高了性能。进入90年代，先后研制成功固定式P波段全自动跟踪假单脉冲比相体制测风二次雷达，车载式C波段全自动跟踪假单脉冲比幅体制测风一次雷达，并相继装备部队。这些新一代的测风雷达都具有较高的探测精度、自动化程度和可靠性。



测风雷达

（徐 庆）

fengkuoxian leida

风廓线雷达 (wind profiling radar) 利用局地各向同性湍流可导致电磁波在湍流介质中产生散射的理论和脉冲多普勒技术，专门探测空中风的气象雷达。主要由相控阵天线、收/发转换开关、固态发射机、接收机、信号处理机和数据处理终端等部分组成。与跟踪气球携带探空仪的常规测风雷达相比，具有技术先进、时空密度大和隐蔽性能好等特点。能及时获取航空气象保障所需的空中风资料，并能监测对航空活动危害较大的风切变等危险天气。

按探测高度要求不同分为：①探测高度为20千米的平流层风廓线雷达，工作频率范围为46～68兆赫。②探测高度为16千米的对流层风廓线雷达，工作频率范围为440～450兆赫。③探测高度为3千米的边界层风廓线雷达，工作频率范围为1 270～1 375兆赫。气象业务应用较多的是对流层和边界层风廓线雷达。

风廓线雷达采用了脉冲多普勒技术，可以获得回波信号的多普勒频移，从而测量出目标的径向速度。天线一般为平铺在地面上的相控阵天线，也可使用带随动系统的抛物面天线，根据预先设置的工作参数和时序，向空中定向相继发射5个(或3个)波束，电磁波在大气中直线传播，当遇到各个高度的晴空湍流时，一部分携带有微弱晴空湍流径向速度信息的能量被反射回来，经低噪声放大器放大后，形成I、Q两路数字信号送往信号处理机。信号处理机对每一距离单元的I、Q信号进行滤波，相干和非相干积累，从噪声中检测出回波信号，并进行参数测量。然后由数据处理终端将不同波束所获得的径向速度进行矢量合成，计算出不同高度上的水平风向、风速和垂直风向、风速，从而获得一条风廓线。

风廓线雷达的探测概率与晴空大气的折射率结构常数C_n^2有很大关系。在湿度较大的季节，当进行3波束探测时，每6分钟便可获得一条风廓线；当进行5波束探测时，每10分钟便可获得一条风廓线。在较干燥的季节，数据处理的积累时



边界层风廓线雷达

间需要相应增长。其风向的探测精度不大于10度(RMS)，风速精度不大于1.5米/秒(RMS)。对流层和边界层风廓线雷达的高度分辨率一般为120米和60米。

风廓线雷达技术发展于20世纪60年代后期，并于80年代中期开始投入业务使用。中国风廓线雷达技术发展于80年代末期，经过近10年的研究改进，已达到业务使用水平。随着风廓线雷达技术的进一步发展，将在空中风探测中发挥重要作用。 （胡宗刚）

tianqi leida

天气雷达 (weather radar) 专门用于对云、降水等现象进行探测的气象雷达。又称测雨雷达。是及时掌握一定范围内云、雨等实时天气情况和预测短时天气变化的重要装备。

天气雷达利用大气中的水滴、冰晶等质粒对电磁波的后向散射机制，发现积雨云、雷雨等降水系统，测定其空间分布、垂直结构、移动方向和速度以及强度、降水量，判定发展演变趋势。能探测并跟踪测定风暴的移动路径。以其是否具有多普勒性能分为相干天气雷达和非相干天气雷达两种。相干天气雷达也称多普勒天气雷达，非相干天气雷达分为模拟和数字化两类。



天气雷达

天气雷达通常使用的电磁波波段为X波段(波长2.4～3.75厘米，中心波长3厘米)、C波段(波长3.75～7.5厘米，中心波长5.2厘米)和S波段(波长7.5～15厘米，中心波长10厘米)。雷达探测气象目标的性能与其工作波长密切相关。将水滴、冰晶等质粒对电磁波的散射和吸收作用综合起来考虑，3个波段的探测性能分别为：①X波段天气雷达。探测零星对流性降水的能力较强，能发现远距离的弱气象目标；若处于大范围降水区中，由于雨滴的吸收作用显著，电磁波能量受到严重衰减，只能测出雷达附近的雨区而测不出远距离雨区的边界。②S波段天气雷达。对远距离弱气象目标的发现力弱，而对降水强度较大的大面积雨区穿透力强，能全面测定雨区的边界。③C波段天气雷达。其发现力和穿透力介于S、X波段天气雷达之间。

天气雷达常用的气象回波显示方式有3种：①平面位置显示(PPI)。以雷达为显示中心，将气象目标的方位和距离以极坐标形式显示出来，用以反映降水区、风暴等的空间水平分布状况。②距离高度显示(RHI)。将处于指定方位的垂直平面内气象目标的距离和高度以直角坐标形式显示出来，用以反映降水区、风暴等的垂直结构状况。③等高平面位置显示(CAPPI)。即显示某一高度的平面位置的气象目标图像，用以反映降水区与风暴等在不同高度上的水平分布状况。此外还有回波顶高平面位置显示(ETPPI)、回波底高平面位置显示(EBPPI)，分别反映积雨云云顶高度和云底高度的平面分布状况等。

现代天气雷达通常具有数字化视频积分处理、距离订正、定量测量、图像处理和故障自动检测等功能。非相干天气雷达主要测量天气目标的强度及其空间分布；相干天气雷达除具有非相干天气雷达的功能外，还能测定天气目标的径向速度及速度谱宽，经计算机处理后，获得平均径向风向、风速、风切变、大气湍流等气象信息。

（夏连宝）

ceyu leida

测雨雷达 (rain detecting radar) 见天气雷达。

qixiang jiguang leida

气象激光雷达 (meteorological lidar) 利用激光辐射信号探测大气的气象雷达。主要由激光发射系统、激光接收放大系统及信号处理系统组成。按探测原理分为5类：米氏散射激光雷达、差分吸收激光雷达、共振散射激光雷达、拉曼散射激光雷达和多普勒激光雷达。按安装平台不同分为3类：地基气象激光雷达、机载气象激光雷达和星载气象激光雷达。①米氏散射激光雷达。是基于球形大气粒子弹性散射原理，用于测量大气回波强度和分布的雷达，主要用于测量云底和云顶高度、大气消光和能见度、大气污染的程度和时空分布。②差分吸收激光雷达。是基于不同的大气分子具有不同的吸收谱线的原理，通过调谐激光辐射波长或用双波长激光辐射之一对应某一大气成分吸收谱线的方法测量其含量的雷达，主要用于测量大气特定成分的含量或由此反演大气的气温、气压、湿度等的分布。③共振散射激光雷达。是基于大气散射体的受激共振散射，通过



米氏散射激光雷达

调谐激光辐射至某一大气散射体的共振散射频率以测量其浓度的雷达，主要用于探测高层大气中的金属原子浓度。④拉曼散射激光雷达。是基于不同的大气分子具有不同的受激拉曼散射的原理，通过对激光回波进行光谱分析测量多种大气成分、含量的雷达，主要用于大气污染物的监测。⑤多普勒激光雷达。是利用多普勒原理，通过测量大气粒子运动引起的激光多普勒频移反演大气运动参数的雷达，主要用于测量大气风场。

激光是一种波长极短的电磁波且波长范围与组成大气的物质尺度相当，加上激光具有较高的定向、相干特性，气象激光雷达与常规气象雷达相比，具有较高的探测准确度和分辨率，但大气对短波长电磁波，特别是光学波段的电磁波，具有相对较强的吸收，限制了气象激光雷达的远距离探测能力，气象激光雷达与常规气象雷达的探测性能是互补的，不可取代的。

米氏散射激光雷达和多普勒激光雷达是在航空气象保障中应用较多且技术相对成熟的两种雷达。中国人民解放军空军1977年起装备使用米氏散射激光雷达(见图)，已在准确测量云底高方面发挥了重要作用。随着激光多普勒技术的发展与完善，多普勒激光雷达将成为边界层大气风场探测的重要技术手段。

（谢邦力）

duopule qixiang leida

多普勒气象雷达　(Doppler meteorological radar)　采用多普勒技术对云、降水等天气现象进行探测的气象雷达。除具有一般天气雷达的性能外，还利用多普勒效应探测云和降水粒子的平均径向速度和速度谱宽等参量。多普勒气象雷达能更有效地监测影响航空活动的雷雨、冰雹、低空风切变、龙卷、台风等危险天气。

多普勒气象雷达通常由发射系统、接收系统、天馈线系统、天线控制系统、信号处理系统、雷达监控系统和数据处理终端等组成。工作在X、C和S波段，探测高度为20千米，探测距离为200～400千米。多普勒气象雷达一般采用全相参体制，采用极高频率稳定度和频谱纯度的主振放大式发射机，使用低副瓣天线，降低进入雷达的地物杂波强度；采用脉冲对处理器实时处理多普勒信息；具有地物杂波抑制、故障自动检测、接收系统特性标定等功能。数据处理终端常用的回波显示方式有平面位置显示、距离高度显示和等高平面位置显示等。

将雷达发射机和接收机放在同一位置，若目标相对于雷达的径向运动速度为v，则发射波和回波间的多普勒频移为$f_d=2v/\lambda$，λ为雷达工作波长。多普勒气象雷达是通过测量多普勒频移f_d而求出目标的径向运动速度。在一定的条件下，从云和降水粒子的径向运动信息中，可以反演出大气水平风场、垂直气流速度和大气湍流等。在晴空时，可以利用晴空回波来获取大气流场的信息。

20世纪60年代初期开始研制脉冲多普勒雷达，80年代开始应用于气象业务。随着多普勒技术和电子技术的发展，多普勒气象雷达探测性能将不断改善。进一步应用计算机技术、现代数字信号处理技术，提高实时处理能力；采用极化分集、电扫描天线、脉冲压缩等技术，提供更多的气象信息，提高数据采集能力和分辨力；进一步提高探测数据的质量和改进气象产品算法。

（刘宪勋）



多普勒气象雷达

qixiang weixing jieshou chuli shebei

气象卫星接收处理设备　(receiving and processing equipment of meteorological satellite)　接收、分析和处理气象卫星向地面发送的卫星云图及其他气象探测资料的地面设备。由室外单元(图1)和室内单元(图2)两部分组成。室外单元主要包括天线和天线控制系统，室内单元主要包括接收机和处理机。按接收气象卫星种类的不同分为：①极轨气象卫星接收处理设备。②静止气象卫星接收处理设备。③多功能气象卫星接收处理设备(能够同时接收处理同步和极轨气象卫星资料)。

气象卫星的天线控制系统使天线始终跟踪在轨道上运行的卫星。位于天线后部的前置放大器和变频器，用以使信号保持高的信噪比，并对信号进行变频，降低传输损耗。通过室外天线，接收卫星发送的微弱电信号，经接收机进行一系列放大和变换处理，解调出数字信号序列。处理机由数据采集装置、计算机和卫星云图处理软件组成。数据采集装置将还原的信源数字信号输入计算机，由计算机对资料进行加工处理。处理的主要内容有：①卫星云图资料。包括多通道合成，坐标变换，反演计算，图像识别，图像增强，局部放大，漫游和动画，叠加经纬度网格、地理信息、各种等值线、雷达回波图像和常规气象观测资料等。②大气垂直温度分布和水汽分布探测资料。

1960年气象卫星出现以后，随



图 1 气象卫星接收处理设备(室外单元)



气象车



图 2 气象卫星接收处理设备(室内单元)

着科学技术的发展，气象卫星携带的遥感仪器不断改进，探测项目逐渐增多，探测精度进一步提高。向地面发送气象资料，由137兆赫附近的超短波频率发展到1 700兆赫附近的微波频率，发送方式逐渐由模拟信号传输变为数字信号传输。中国人民解放军空军1970年5月研制成功气象卫星云图接收设备，并逐步装备部队，开展卫星云图接收业务，在空军气象保障中发挥了重要作用。随着气象卫星技术和图像处理技术的发展，气象卫星接收处理设备将向高精度、小型化和多功能方向发展。

（于广浚）

qixiangche

气象车 (meteorological vehicle) 装有气象仪器设备，遂行机动气象保障任务的专用车辆。车上通常有气象信息接收处理设备，野战地面气象观测设备，轻便制氢和空中风观测设备，测云设备，天气分析预报设备等。可进行地面气象观测、空中风观测，收集和处理气象信息，完成天气分析和天气预报制作，实施现场气象保障。中国人民解放军空军从20世纪60年代中期开始装备气象车，并不断改进其性能，在作战、训练等机动气象保障中发挥了作用。

（高庆凯）

xiatoushi tankongyi xitong

下投式探空仪系统 (dropsonde system) 采用飞机（或无人机）、定高气球或火箭带到高空投放，借助降落伞，在下降过程中自动测量空中温、压、湿、风等气象要素，同时将数据信息实时发送给地面或空中飞机的大气探测设备。多用于人员难以接近地区的空中气象要素探测。

下投式探空仪系统由下投式探空仪和数据接收处理两部分组成。①下投式探空仪由温压湿传感器、测风单元、接口控制电路、发射电路、专用降落伞和辅助装置组成。温压湿传感器用于空中气象要素(气温、气压、湿度)的测量；测风单元用于空中风测量；接口控制电路提供温压湿传感数据和测风单元数据，并对各种测量数据进行编码；发射电路用于数据发送；专用降落伞的作用是保证探空仪以设定的速度平稳下降；辅助装置包括探空仪电池、探空仪支架和天线等装置。②数据接收处理部分由接收处理设备和软件两部分组成。数据接收处理设备由数据接收机、通信接口电路、数据处理机(微机)和输出设备组成，完成数据接收、处理显示与输出等功能。

第二次世界大战期间，苏联、美国军队开始使用飞机在敌区空投自动气象设备。美国国家大气研究中心(NCAR)于20世纪70年代开发了第一个基于奥米加(Ω)导航系统的下投式探空测风仪。1982年奥米加下投式探空测风仪(ODW)被美国空军气象部门用于执行军事任务。1987年初，美国NCAR开始研制轻型罗兰导航系统数字化下投式探空仪(LD2)，用于海军对大西洋上空增强探测试验。1993年初，美国NCAR将LD2改制成GPS(全球定位系统)测风型的下投式探空仪。1996年以后，维萨拉(Vaisala)公司相继研制出用于低空探测及无人机使用的RD82−41G小型下投式探空仪、用于气象科学探测和军事气象侦察的RD93型下投式探空仪。

下投式探空仪系统不仅可以获得垂直方向的温、压、湿、风资料，而且还能通过在一定区域中投放多个探空仪获取该区域内不同高度、多个层面上的气象要素分布情况。下投式探空仪系统具有数据密度大，接收设备体积小、重量轻，便于机动等特点，是战时获取敌区空中气象资料的可靠手段。下投式探空仪系统还可用于空降区域内空中气象资料的获取，为空降兵作战、训练提供所需的气象资料。

（许 屏）

hangkong qixiang xinxi

航空气象信息 (aviation meteorological information) 用于保障航空活动的各

种气象信息的总称。又称航空气象情报。主要包括天气实况、天气预报、危险天气警报和通报，以及说明天气状况的其他气象报告和资料等。是进行天气分析、预报和实施气象保障的基础资料，也是空军制定作战、训练计划和指挥员指挥决策的重要依据。

主要来源 国内外有关地区播发的气象报，地方、军队和民航气象部门为保障航空活动需要所组织的气象观探测报告，以及经过加工处理的气象资料和分析制作的天气预报等。获取航空气象信息有多种手段和方法，除用常规气象仪器定时或不定时进行地面观测、空中探测外，还可利用气象卫星、气象雷达、气象火箭、飞机、舰艇、气球、海洋浮标站、无人自动气象站以及其他大气探测手段获取，也可通过侦察技术手段获取有关地区（战区）的气象情报和气象资料。

主要特点 ①信息量大。除了民用的常规气象情报和气象资料外，还有专门用于保障航空活动需要所组织的航危报和机场天气实况报，以及高空气象探测资料和气象雷达探测资料等。②时效性强。基于航空活动对大气环境的依赖性，要求获取的航空气象信息应尽可能地在最短时间内传送到用户和保障部门，从而达到趋利避害，保障飞行安全的目的。③准确性高。对各种气象要素，尤其是影响航空活动的风、云、能见度、气温、湿度、气压和危险天气的观探测，必须做到准确，否则将会影响航空活动和飞行安全。例如，飞机上的气压高度表是依据气压与高度的关系原理制作的，在机场降落时，如果提供的场面气压有误，将会导致飞机高度指示产生误差而危及飞行安全。

（陈锦荣）

jichang tianqi shikuangbao

机场天气实况报 (airdrome actual weather telegraph) 机场气象台按照空军统一规定的时间和标准进行地面气象观测，并将观测结果按一定的电码格式编发的天气报告。内容包括气温、气压、湿度、风、云、能见度和天气现象。一般分为正点天气实况报、半点天气实况报和临时天气实况报。正点天气实况报是通过定时观测结果编发的，通常每小时观测一次，在正点前50（不含）至60（含）分内进行；半点天气实况报和临时天气实况报是通过不定时观测结果编发的，这种观测一般根据任务需要或因气象要素达到某一标准而临时组织。危险天气通报是临时天气实况报的一种。

（陈锦荣）

weixian tianqi tongbao

危险天气通报 (hazardous weather message) 当观测到一项或几项气象要素达到危险天气发生报或解除报的标准时，按照规定内容和格式发布的一种天气实况报告。其项目和标准因军（兵）种、遂行任务和武器装备的不同而异，具体标准由气象部门统一规定。空军危险天气通报项目通常有：大风、恶劣能见度、积雨云（雷雨形势）、冰雹、云蔽山、低云、雷暴、飑、龙卷等。当危险天气达到发生标准（见地面气象观测）时，编发危险天气发生报；当危险天气减弱到解除标准时，编发危险天气解除报。

（张泰喜）

hangweibao

航危报 (message of aviation hazardous weather) 航空天气报告和航空危险天气通报的简称。航危报是根据军事和民用航空的需要，由地方气象台站向军队和民航等气象部门提供的实时地面气象观测报告，是部队遂行作战、训练、国防科研试验和航空活动所需要的重要气象信息。

航危报一般由省、市、自治区气象局根据使用单位的需要和气象台站人员、通信条件等情况，组织航线两侧各约150千米以内、专业飞行地区或军事（航空）基地周围约200千米范围内的气象台站拍发。

航危报分为固定发报和预约发报两类。固定发报是指担负拍发航危报任务的气象台站，按照预先确定的起止时间，定时向使用单位拍发航危报；预约发报是指担负拍发航危报任务的气象台站，按照使用单位临时预约的时间、内容，向使用单位拍发航危报。

航空天气报告（简称航空报）的内容一般包括气温、露点、风、云、能见度和天气现象。通常每小时拍发一次，当保障专机或其他特殊任务需要时，每半小时拍发一次。航空报应在每小时正点（半点）前发出。航空危险天气通报（简称危险报）是航空报的一项重要补充。气象台站在提供航空报期间，凡出现可能危及航空安全的天气现象时，须编发危险报。危险报（包括危险解除报）应在天气现象达到发生报（或解除报）标准后5分钟内发出。中国气象局规定了编发危险天气发生报和解除报的标准（见表）。航危报一般由发报气象台站经电信（或邮电）部门直接发往各使用单位。

中国中央气象局于1954年9月，在全国范围为空军气象室、气象台组织了危险天气通报网，后改为航危报网。组织航危报网是空军气象保障的一项重要措施，对保障空军顺利遂行各项飞行任务，保证飞行安全具有重要作用。

（陈锦荣）

航空危险天气通报标准表

危险天气	发生报标准	解除报标准
大　风	瞬时风速≥20米/秒	瞬时风速<17米/秒
恶劣能见度	有效水平能见度<1千米	有效水平能见度>2千米
雷雨形势	积雨云母体量≥5成	积雨云母体量≤2成
冰　雹	测站有冰雹	冰雹停止
云蔽山	云遮蔽山的一部分或全部	无蔽山云
雷　暴	测站闻雷	雷暴消失
龙　卷	测站视区内有龙卷	龙卷消失

hangkong qixiang tongxin

航空气象通信 (aeronautical meteorological communication) 为收集、传递航空气象信息而建立的专业通信。是空军气象工作的组成部分，是组织实施空军气象保障的重要条件。航空气象通信由通信部门和气象部门共同组织。

航空气象信息收集和传递的范围广、种类多、信息量大、时效性强，需有畅通的通信信道并采用多种通信手段和通信方式。通信信道主要是军队通信部门和国家邮电部门建立的公用通信网，以及军队气象部门和国家气象部门建立的气象专用通信网或辅助通信网。通信手段主要有有线电通信、无线电通信、卫星通信和光纤通信等。通信方式为：气象台（室）与上级气象中心或指挥所之间点对点通信，气象中心向下级气象台（室）的广播通信，若干气象台（室）之间交换气象信息的通播通信等。

航空气象通信是从无线

电莫尔斯通信基础上发展起来的。20世纪50年代，采用无线电莫尔斯电报和有线电话传输气象报。60年代，开始使用有线电传通信、气象传真广播和无线电移频广播通信。随着计算机技术和通信技术的发展。80年代，广泛应用数据通信、光纤通信、卫星通信和计算机网络通信技术，通信速率显著提高，气象情报的获取、加工处理与传递逐渐合为一体。从模拟通信发展到数字通信，从人工手抄口报发展到计算机自动处理，航空气象通信技术发生了质的变化。90年代采用卫星通信技术，明显改善了边远分散地区气象台(室)的通信质量和时效。

现代战争对航空气象信息的收集和传递提出更高的要求。其发展趋势是采用先进的数据通信技术、计算机网络技术和分布式数据库技术，实现航空气象通信的自动化、高速化和网络化；通信技术、观探测技术和数据处理技术相结合，建立集数据采集、传递、加工处理和分析预报为一体的综合自动化系统；有线通信和无线通信相结合，多种通信手段并用，多种通信信道互为备份，提高航空气象通信的有效性、可靠性和抗毁能力；利用加密技术和计算机网络安全技术，提高航空气象通信的保密性和安全性；与空军指挥自动化系统相结合，提高空军气象保障快速反应能力。

（于广浚　周红红）

hangkong qixiang ziliao chuli

航空气象资料处理 (aviation meteorological data processing)　对航空气象观探测资料进行识别、质量控制、分类和加工，形成统一标准格式的气象数据和产品过程。是制作天气预报、进行气候分析和科学研究、实施气象保障的基础工作。根据不同的时效要求，分为实时处理和非实时处理。

实时处理　即时对气象信息进行的收集、分类、识别、判断、集合、计算和分析等。要求及时、准确、连续、可靠。对危及飞行安全的危险天气和灾害性天气发生的信息，要求优先快速。①收集。通过各种方式或气象设备从气象信息源获取气象信息的过程。按国家和军队统一规定的时间、内容和范围实现信息集合为固定收集；根据任务的需要和天气情况提前预约或临时确定时间、内容和范围实现信息集合为非固定收集。②分类。将收集到的大量分散的原始气象数据，根据空军气象保障的需要，按照来源、性质、层次、时间、地点、项目等，分门别类，有序排列。③识别。依据技术规定，对气象图像、图表和报文的种类及其性质进行识别。④判断。运用气象学原理和技术规定，对气象资料的准确性和可靠性进行鉴别检查，剔除不真实的记录。⑤集合。将分散或孤立的气象资料填绘、拼接在一张图上或表格里，使其直观、清晰地反映大气的状态。如，天气图和天气实况的填绘，空中温、压、湿、风探测资料的点绘以及卫星云图的拼接等。⑥计算。对原始数据进行运算，得出大气特征量和规律性特点，便于制作天气预报。如，涡度、散度、水汽通量等大气各种物理量的计算。⑦分析。在以上各项工作的基础上，运用气象学原理进行综合归纳，得出大气状态及其发展变化的概念模型。

非实时处理　对过去的气象资料非即时进行的信息化、审核和整编。处理后的气象资料及其产品按规定格式送往用户终端或存入数据库，供制作天气预报、实施气象保障、开展气候分析和预测以及有关科学研究使用。非实时处理对时效要求不严，但对其质量和格式必须进行严格的控制，以利气候资料的共享和确保气候科学研究结论的可靠性。①信息化。将记存在纸介质上或磁介质内的气象资料，输入计算机并形成标准格式的信息化资料，存贮于光(磁)介质中。②审核。对气象资料进行质量检查，并对错误记录按规定处理。③整编。按照统一规定，对气象数据进行各种统计，并对统计结果进行整理、编撰，形成航空气候资料存入数据库或出版文书，提供气候资料服务。

简史和展望　航空气象资料处理是基于航空天气预报和实施气象保障的需要而形成发展起来的。20世纪50年代以来，中国人民解放军空军气象部门多次进行了较系统的大规模的机场和区域气象资料整编，保障了空军军事活动的需要，但航空气象资料的处理主要靠手工完成。60年代后，随着计算机、通信技术的进步和航空气象设备的改善，航空气象资料处理技术迅速发展。1972年国产DJS-C_3型电子计算机首先用于空军气象资料的自动化处理，1983年开始研制用微机制作空军地面气象观测资料月报表的软件系统，1987年投入业务使用。90年代以来，空军航空气象资料处理从气象数据的采集、传输到集成分析，从气象资料收集、信息化、审核到气候分析已初步建立起一整套自动化业务系统。随着大气科学技术和计算机技术的发展，航空气象资料处理将进一步向自动化、标准化和智能化方向发展。

（刘金玉　李锡元）

qixiang guanzhi

气象管制 (meteorological control)
对气象情报进行的军事管理和控制。是战时实施情报封锁的组成部分。目的是防止国家与军队气象情报被敌方获取。第二次世界大战期间，交战各方对本国的气象情报均实施了气象管制。在20世纪50年代的朝鲜战争、60年代的越南战争、90年代的海湾战争以及其他现代高技术条件下的局部战争中，为给敌方组织军事行动和实施气象保障制造困难，交战双方均在一定的时间内中止了公开发布气象情报。气象管制的方法通常包括：中断与有关国家和地区的气象通信；停止公开发布天气预报；对气象情报传递采取相应的保密措施等。实施气象管制，由国家和军队统一组织，传递气象情报的密码、密语，由国家与军队的有关部门协调后统一编制。当己方实施气象管制时，各级气象部门需严密组织对气象情报的收集、传递、加工和使用，妥善保管各种气象资料，严守保密规定，正确使用各种气象密码、密语，防止发生失、泄密。为减轻战时敌方实施气象管制对空军气象保障的影响，空军气象部门需加强对有关国家和地区天气规律的研究与掌握，发展用于获取敌方气象情报的气象装备、仪器，协同有关部门提高气象情报的侦收和破译能力，研究战时缺乏战区气象情报条件下实施气象保障的方法。

（刘　强）

qixiang zhencha

气象侦察 (meteorological reconnaissance)
为查明某一地点或地区的天气状况，而专门组织的气象观探测活动。亦称天气侦察。侦察的内容根据部队任务的需要而定，一般要求除常规气象观探测项目

如气温、气压、湿度、风、云、能见度、天气现象外，更主要的是常规气象观探测所不能获取的内容，如云的厚度、云中气流状况以及其他影响部队活动的特殊天气现象和气象要素。

气象侦察的方式有：①向敌区、有关地区派遣气象小分队，携带必要的观探测仪器及通信设备，进行气象观探测并将其结果迅速传递上报。美军在海湾战争中，为及时掌握伊拉克的天气情况，曾向伊拉克境内空投气象侦察小分队。②利用飞机、舰船进行气象侦察。此方式侦察范围广、时效快、机动性强。1951年9月30日，中国人民解放军空军为做好10月1日国庆阅兵的气象保障，曾派飞机对北京至包头间的冷锋进行侦察，获取了关于冷锋的空中结构、云系分布等情况，对做准天气预报，保障国庆阅兵的顺利进行，起到了重要的作用。在平时，空军航空兵组织复杂气象训练，开飞之前一般派飞机侦察天气，获取地面观测所无法得到的空中天气状况，以确保飞行安全。③施放携带气象探测仪器的空飘(平移)气球、无人探测飞机、气艇等进行气象侦察。④卫星气象侦察。是气象侦察的先进手段。侦察范围大、内容多，并能连续不间断地实施。海湾战争期间，美国为了不间断地掌握海湾地区的天气状况，发射了一颗新的国防气象卫星，连同在轨的两颗气象卫星，对海湾地区昼夜实施气象侦察，保证了以美国为首的多国部队的需要。（于德湘）

junshi rengong yingxiang tianqi

军事人工影响天气 (weather modification for military purpose) 为达成某种军事企图，用人工方法使某些局部区域的天气朝着设想的方向转化的专业技术活动。是军事气象学的组成部分，也是空军气象保障的重要措施之一。主要有人工增雨、人工消云、人工消雾、人工防雹、人工抑制雷电和人工削弱(引导)台风等。

技术方法 主要是从空中或地面向影响对象(云、雾等)播撒催化剂，以改变作业对象的微物理结构，使其发生变化。因对象的不同，使用的催化剂和作业方式亦不相同。

冷云(雾)的催化 温度在零度以下的冷云中，往往存在大量的过冷却水滴。将碘化银或固体二氧化碳(又称干冰)等成冰催化剂播撒到云中，使云中生成大量的人工冰晶，通过“冰、水转化”形成降水，从而达到人工增雨的目的。在对流云中，人工冰晶能长大成冰雹胚胎，同自然冰雹争夺水分，使其不能长成危害严重的大雹块，以达到防雹的目的。在过冷云(雾)中，人工冰晶使云(雾)滴蒸发，而自身长大下落，又可达到消云(雾)的目的。在冷云的催化过程中释放的巨大潜热会改变云的热力、动力过程，着力于这种动力效应的催化称为动力催化。动力催化可以使对流云的云体发展而产生或增加降水。在台风某些部位的动力催化，可以改变台风的环流结构，削弱其风力，甚至引导台风改变其移动方向。

暖云(雾)的催化 温度在零度以上的云(雾)是由细小的水滴组成，其直径在200微米以下。层状云的云滴平均直径在几微米到几十微米之间。向云中播撒吸湿性物质微粒，通过吸收水分长大和碰并过程而形成降水。最常用的吸湿性物质是氯化钠(即食盐)。在暖雾或某些暖云中播撒盐粒使雾滴或云滴蒸发，盐粒吸湿长大下落，也可达到消雾或消云的目的。

播撒方法 常用的播撒方法有3种：①地面播撒，消雾时多采用此法，利用地面专用喷撒设备，将催化剂喷射到雾中。②将催化剂装入火箭弹头或高射炮弹内，发射到云中的预定部位。③用飞机将催化剂直接播入云、雾中。

简史与展望 人工影响天气的探讨与尝试有较悠久的历史，而应用于军事则始于第二次世界大战期间。如英国利用加热方法在机场上消雾，保证了飞机的起降；美军在意大利沃尔图诺河上用飞机播撒造雾剂形成雾层，掩护了部队的渡河行动。1946年，美国科学家I.朗缪尔和他的助手V.J.谢弗与B.冯纳古特发现干冰碎粒和碘化银烟粒对过冷云的成冰作用，并获得试验成功，奠定了现代人工影响天气的基础。此后，美国科学家J.辛普森成功地进行了动力催化试验；苏联科学家Г.К.拉韦利泽等用冷云催化方法进行大规模的防雹试验。这些都有力地推动了军用人工影响天气试验研究的发展。20世纪60年代末，美军在越南战争中，多次进行人工降雨作业，使越军的交通运输受到严重破坏。70年代，西方一些国家提出以人工改变大气环境条件作为气象武器进行气象战的设想，并进行了研究试验。1958年，中国开始大规模的人工影响天气试验，在人工增雨、人工防雹、人工消云和机场消雾等方面都取得了进展。空军从部队作战、训练的需要出发，也组织开展了多次人工影响天气的试验工作。

人工影响天气试验的深入开展，使人们逐步地认识到这项工作的复杂性：①云雾的动力过程和微物理过程十分复杂，采用同样的催化方法，在不同的自然条件下，可能产生不同的效果。②天气现象都有其自身的生命史，若想取得好的人工影响效果，应该顺势影响。逆自然现象的发展施加影响，往往不能得到预想的结果。③人工影响天气的效果检验仍是尚待解决的问题。针对以上问题，开展人工影响天气数值模拟实验，进一步弄清天气转变的物理机制，是有效开展大规模作业试验的基础。研制高效、经济的催化剂，改进作业技术，提高对天气现象施加影响的能力，是未来解决的重点。从大量试验的统计分析，综合观测的物理分析，数值模拟的理论分析，进一步解决人工影响天气效果检验这一难题，是保证人工影响天气工作顺利发展的关键。

（于德湘）

rengong xiaoyun

人工消云 (artificial cloud dispersal)

用人工的方法使局部空域的云层消散的措施。是军事人工影响天气试验研究的内容之一。人工消云的基本方法是向云中播撒催化剂，降低云层湿度，由饱和状态变为未饱和状态，使云层消散。

根据云中温度状况，把云分为冷云和暖云。①人工消除冷云。向云中播撒干冰或碘化银等催化剂，生成大量的人工冰晶，人工冰晶使云滴蒸发而自身长大下落，云层湿度变为未饱和状态而消散。②人工消除暖云。暖云是由0℃以上的细小云滴组成，常用的方法是，利用飞机将氯化钠等吸湿性物质微粒播撒到云中，通过吸湿效应、碰并过程形成大的水滴下降出云层，使云层由饱和变为未饱和状态而消散。

实施人工消云对提高空军气象保障能力有重要作用。从国内外多次试验的情况看，人工消除冷云的效果比较显著，而人

工除暖云的效果尚不明显,仍处于试验研究的阶段。 (于德湘)

rengong xiaowu

人工消雾 (artificial fog dispersal) 用人工的方法,通过使用化学和物理催化剂,加速局部区域雾消散的措施。是军事人工影响天气试验研究的内容之一。根据雾中温度的不同分为冷雾和暖雾。温度在零度以下的称为冷雾;温度在零度以上的称为暖雾。由于雾的物理性质不同,人工消除的方法也不同。

人工消除冷雾,主要采用播撒成冰催化剂的方法,使雾中产生相当数量的人工冰晶,通过"冰、水转化"过程,造成过冷水滴蒸发和冰晶增长而降落,最终使雾消散。常用的催化剂有干冰(固体二氧化碳)、液化二氧化碳、液化丙烷、碘化银等。作业的方法有飞机空中播撒、由地面设备喷撒和空中系留气球播撒。

人工消除暖雾,主要方法有:①加热法。向雾中施放热量,使雾抬升,雾滴蒸发而消散。②热动力法。用喷气发动机产生热蒸汽使雾扰动蒸发而消散。③播撒吸湿性物质微粒,使雾中相对湿度降低而消散。④空中扰动法。利用直升机在雾顶区飞行,产生下沉气流,强迫冷暖干湿空气混合,使雾消散。此外,还有声波消雾法和静电消雾法等。

实施人工消雾对于提高机场利用率,保障飞机安全起降有重要作用。从国内外开展人工消雾作业的情况看,人工消除冷雾的方法已取得实际应用的效果,而人工消除暖雾的方法仍需研究试验。

(于德湘)



人工消雾 郭思铭摄

kongjun qixiang baozhangxue

空军气象保障学 (science of air force meteorological support) 研究空军气象保障活动规律,探讨航空兵、空降兵、高射炮兵等气象保障理论和方法的学科。指导空军气象保障实践的理论依据。

空军气象保障学研究的主要内容:①气象保障基本理论。阐述气象保障内涵和外延,揭示气象保障的规律;研究现代战争特别是高技术条件下空军作战气象保障的指导思想和基本原则,分析气象保障的基本任务。②气象保障基本方法。研究空军战略、战役、战术各个层次对气象保障的要求,以及实施气象保障的方法,探讨空军航空兵、空降兵、高射炮兵等作战、训练和特殊任务气象保障的特点和方法。③气象保障体制和管理。研究气象保障组织管理、业务技术体制的基本原则和制度,分析影响和制约气象保障体制的主要因素,研究实施气象保障质量监控的方法和气象保障法规。

空军气象保障学是随着大气科学、空军军事科学以及其他学科的发展而逐步发展起来的。大气科学揭示了大气运动的自然规律,提供了预测天气变化的理论和方法,带动着气象保障方法的变革,促进了空军气象保障理论的发展。空军战略学、战役学、战术学、作战指挥学,以及空军军事科学中的有关技术学科,为空军气象保障学提供了坚实的理论基础,拓宽了空军气象保障学的研究领域。

空军气象保障学是随着空军作战保障的需要和相关科学技术的发展,在不断总结实践经验的基础上形成的。两次世界大战推动了空军气象保障研究的深入,武器装备的更新换代和战争规模、作战样式的变化,对空军气象保障不断提出新的要求,空军气象保障研究的领域不断扩大。1916年俄国编写的《空中领航学教程》和1918年美国通信兵气象学校的《航空气象学》课程中已有了空军气象保障的内容。1940年美国陆军航空兵气象处编辑出版的《飞行员气象手册》和1941年苏联军事出版局出版的《飞行员气象学》,进一步阐述了有关空军气象保障的理论和方法。第二次世界大战后,随着各国空军的迅速发展,空军气象保障的研究进入新的时期。中国人民解放军空军十分重视气象保障理论研究,根据各个时期空军作战、训练的特点,先后研究总结了一系列气象保障理论和方法。20世纪50年代中期,制定了《空军气象勤务条令》,总结出飞行四个阶段气象保障工作程序和航线飞行气象保障工作有关协同规定。60年代,编写了《空军气象保障条例》、《空军专机飞行气象保障工作规定》等保障法规。80年代,编写了《航空气象学》、《空军气象保障典型成败事例》、《空军机场气象保障手册》和《空军机场航空气候志》等专著,初步形成了空军气象保障理论体系。90年代,空军根据国内外气象保障的实践经验,系统深入地开展了空军气象保障理论研究,编写了《空军气象保障学》,进一步奠定了空军气象保障的理论基础。21世纪初,为适应空军战略的确立和军事训练指导思想的调整,研究明确了四级气象保障体制,总结了飞行三个阶段气象保障工作程序及要点,编修了《空军气象保障细则》,促进了空军气象保障理论研究的深入。从此,空军气象保障理论研究进入一个新阶段。

随着科学技术的发展和高技术条件下现代战争对气象保障需求的变化,空军气象保障学的研究,将进一步引起各国空军的重视,气象保障定量化、自动化、综合化和人工影响局部天气已成为研究的重点内容。

(李福林 郭曙光 郭卫民)

dandao qixiangxue

弹道气象学 (ballistic meteorology) 研究射弹在空中飞行受大气环境影响，以及修正这些影响，保证射弹按既定弹道飞行的学科。又称外弹道气象学。是军事气象学的分支，也是弹道学与气象学的边缘学科。

弹道是弹丸或其他发射飞行器质心运动的轨迹。外弹道或膛外弹道指射弹从飞出膛口，脱离膛口流场影响后的飞行轨迹。射弹外弹道在稠密大气中，受气象要素变化的影响，射弹飞行轨迹和落点散布产生较大变化。弹道气象学是武器设计和应用的理论基础。其目的在于使射弹适应大气环境条件按预定路线飞行，充分发挥武器装备的性能。

弹道气象学的主要研究内容包括大气层的气压、气温和湿度场结构，风的空间分布及其随时间的变化，射弹外弹道上气压、气温和湿度变化对各种射弹飞行的影响，气流的水平和垂直运动对射弹外弹道的影响，气象要素对标准值的偏差引起射弹弹道的偏差及其修正方法，以及对炮兵射击实施气象保障的手段和方法。

大气的温度、气压、湿度和风对射弹的影响主要是通过改变射弹的升力、侧力和阻力，使射弹弹道改变。炮弹或被动(无动力)段飞行的火箭，当气压高于标准值时，其飞行的水平速度减小较快，射程减小，其垂直速度减小也较快，弹道高度也将减小；气温和湿度的影响，用虚温的影响表示(虚温是指在气压相同的情况下，与湿空气密度相等的干空气所具有的温度)，虚温高于标准值时，射程增大，弹道高度增高，低于标准值时，射程减小，弹道高度减低；风可分解为平行于飞行方向的纵风和垂直于飞行方向的横风，纵风影响射程，顺风使射程增大，逆风使射程减小，横风影响飞行方向，使射弹偏向风的去向。对于主动(有动力)段飞行的火箭，风的影响要复杂得多。尾翼式火箭主动飞行段，纵风使弹轴和速度偏向风的来向，影响射程，横风使弹轴和弹的飞行方向也偏向风的来向，引起弹道横偏。涡轮式火箭主动飞行段，无论是纵风还是横风都对射程和飞行方向产生影响。

弹道气象学是随着武器研究、弹道学和气象学的发展，逐步发展起来的，其研究范围不断扩大。早期的弹道气象学是研究身管武器发射的弹丸在外弹道上，因环境大气条件变化引起的弹道变化，以便进行修正，提高射击精度。无线电探空仪的发展和投入业务使用，为了解大气层实时的压、温、湿结构提供了有效的手段，也为实施精确的弹道修正创造了条件，使火炮射击修正达到比较准确的程度。第二次世界大战后期出现了火箭武器，研究这种有动力装置的火箭飞行受大气环境的影响，产生了火箭弹道气象学。航空武器的发展，弹道气象学的领域又扩展到对航空炸弹弹道受大气环境条件影响的研究。导弹和制导炸(炮)弹出现后，可控制弹药受大气环境影响的研究成为弹道气象学的新领域。弹道气象学开始是依附于弹道学产生和发展起来的，即在进行武器研究的同时，考虑射弹弹道受大气环境的影响，提出修正方法。随着军事气象学的发展，武器系统受大气环境影响的研究开始系统地进行，不同环境条件下射弹飞行规律以及保证射击准确性的方法等问题的研究逐步深入。在中国，1987年8月出版了《外弹道气象学概论》，系统地阐述了有关发射飞行器外弹道的气象问题。随着军用大气探测技术的发展和计算机技术的进步，获取大气环境参数值的范围扩大，准确性提高，弹道气象学研究所需的基础资料得到满足，弹道修正方法将更趋完善，武器的性能得到充分的发挥。武器系统的发展，新型武器的出现，又为弹道气象学提出新的研究课题。 (高庆凯)

dandaofeng

弹道风 (ballistic wind) 炮兵修正弹丸飞行受风影响产生的炸(落)点偏差的平均风。是弹道高度以下实测风的加权平均值。计算高射炮弹道风 ($\vec{W}_b$)，通常将弹道分为两层，地面至1/2炸高高度为第1层，地面至炸高高度为第2层。计算公式为：

$$\vec{W}_b=\vec{W}_{01}+\frac{1}{2}(\vec{W}_{02}-\vec{W}_{01})$$

式中$\vec{W}_{01}$为第1层的平均风；$\vec{W}_{02}$为第2层的平均风。

中国人民解放军空军高射炮兵气象雷达站计算弹道风，通常是在测风计算盘上用图解法进行，速度慢，误差大。20世纪90年代开始改用可编程计算器计算，提高了计算速度和准确性。

(高庆凯)

dandao kongqi midu pianchaliang

弹道空气密度偏差量 (deviation of ballistic air density) 弹道最高点以下气层实际空气密度与表定空气密度差值的加权平均值。用相对偏差的百分数表示。表定空气密度是指火炮设计和编制射表时假设的地面及各高度的空气密度值。用于炮兵修正弹丸飞行受空气密度影响产生的炸(落)点偏差。计算高射炮弹道空气密度偏差量按炸点高度以下分层计算，分层方法和代表高度的计算方法与弹道气温偏差量相同。计算时，用各代表高度的气温和气压的表定值和实测值，按下式计算：

$$\Delta\rho\%=\left(\frac{PT_0}{TP_0}-1\right)\times 100$$

式中P、T分别为实测气压、气温值；P_0、T_0分别为同高度表定气压、气温值。最后计算各代表高度空气密度偏差量的平均值。 (高庆凯)

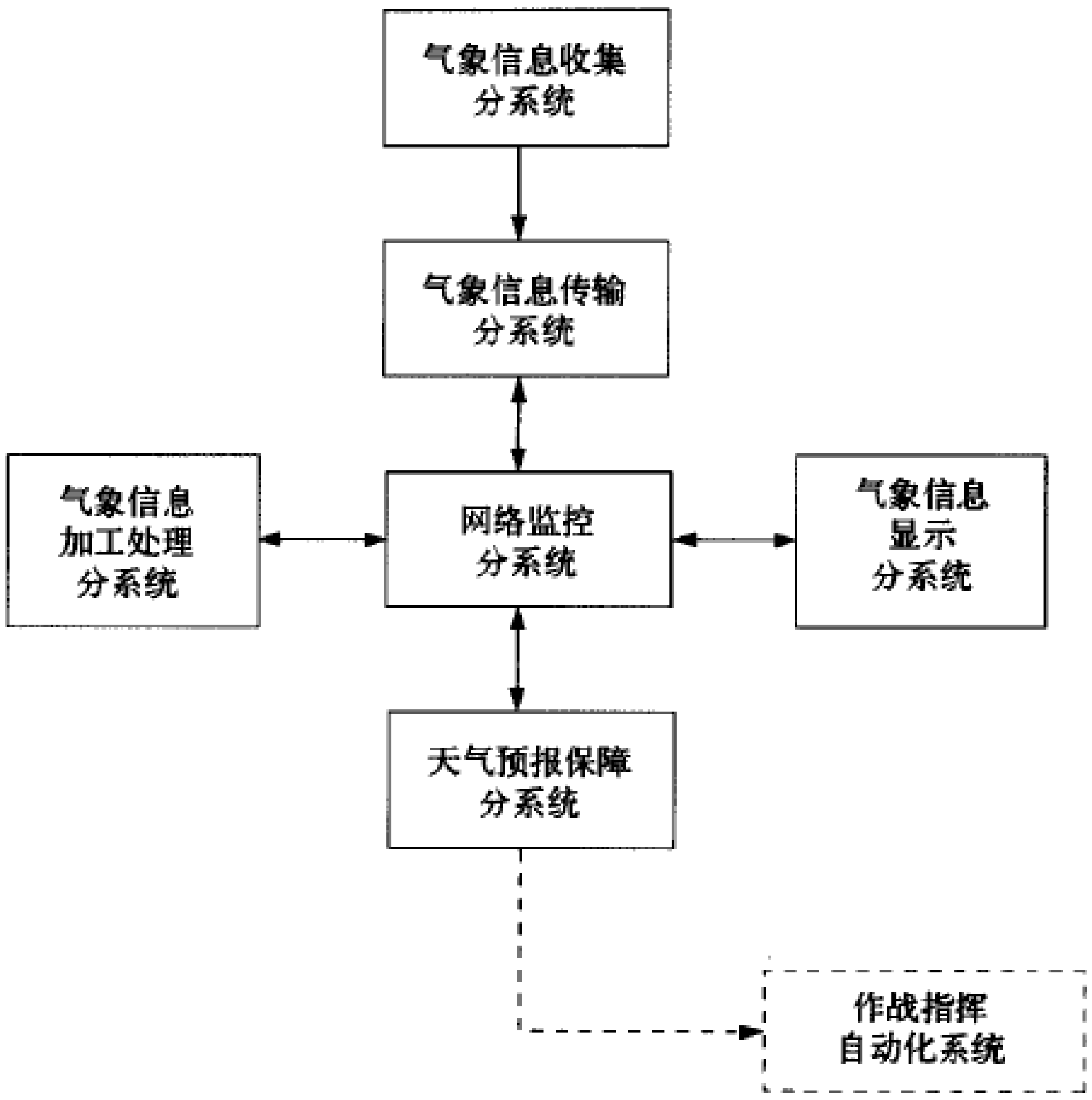
dandao qiwen pianchaliang

弹道气温偏差量 (deviation of ballistic air temperature) 弹道最高点以下气层中实际虚温与表定虚温差值的加权平均值。表定虚温是指火炮设计和编制射表时假设的地面及各高度的虚温值。用于炮兵修正弹丸飞行受气温影响产生的炸(落)点偏差。计算高射炮弹道气温偏差量，首先根据炸高确定弹道分层，炸高在3 000米以下分为两层，炸高在4 000米以上分为四层。按各层层权相等的原则确定各层的代表高度，分两层的代表高度分别为炸高×0.134、炸高×0.5，分四层的各层代表高度分别为炸高×0.065、炸高×0.209、炸高×0.388、炸高×0.646。其次，求出各代表高度上标准虚温，并根据探空仪探测结果，求出各代表高度上的实际虚温值。最后计算各层实际虚温与表定虚温的平均差值。

(高庆凯)

hangkong qixiang baozhang zidonghua xitong

航空气象保障自动化系统 (aviation meteorological support automatic system) 利用以计算机为核心的技术装备与气象人员相结合，对航空兵的作战活动实施气象保障的“人—机”系统。是作战指挥自动化系统的子系统。主要作用是实时收集、显



航空气象保障自动化系统组成图

示气象信息，对各种气象信息进行综合分析，预测未来天气的变化趋势，发布危险天气警报和天气预报，帮助气象预报人员完成气象保障任务。系统的硬件由各种气象观探测设备、通信设备、计算机、服务器、打印机、绘图机和网络设备等组成。

航空气象保障自动化系统通常由6个分系统组成(见图)：①气象信息收集分系统。主要是利用各种气象观探测设备及时采集原始观探测数据和快速接收军内外分发的各种气象报告。②气象信息传输分系统。主要是把气象信息收集分系统中收集的各种气象信息迅速准确地传递到气象信息加工处理分系统，同时把加工处理后的气象产品分发给各个气象用户。③气象信息加工处理分系统。主要是对输入计算机的各种规格化气象信息自动进行准确性检查并综合、分类、存储、计算、更新和检索等，并能按程序进行定量化天气分析、预报，以及按实施气象保障的需要加工成各类气象产品。④气象信息显示分系统。主要是以文字、符号、图形、图像、表格以及语言等多种形式，直观地反映显示气象信息和加工后的各类气象产品。其中包括：实况图、天气图、诊断分析结果、数值预报图、天气雷达回波图、卫星云图、传真图，以及天气预报结果。⑤天气预报保障分系统。主要是以人机结合的方式对天气实况和分析预报结果进行综合评估，讨论、修改分析预报结果，向有关部门发布重要天气和危险天气警报。⑥网络监控分系统。主要是建立局域网，把上述各个分系统连成一个整体，监视各分系统的工作状态，保证网络的安全运行。该分系统还包括连接广域网，提供远程服务。

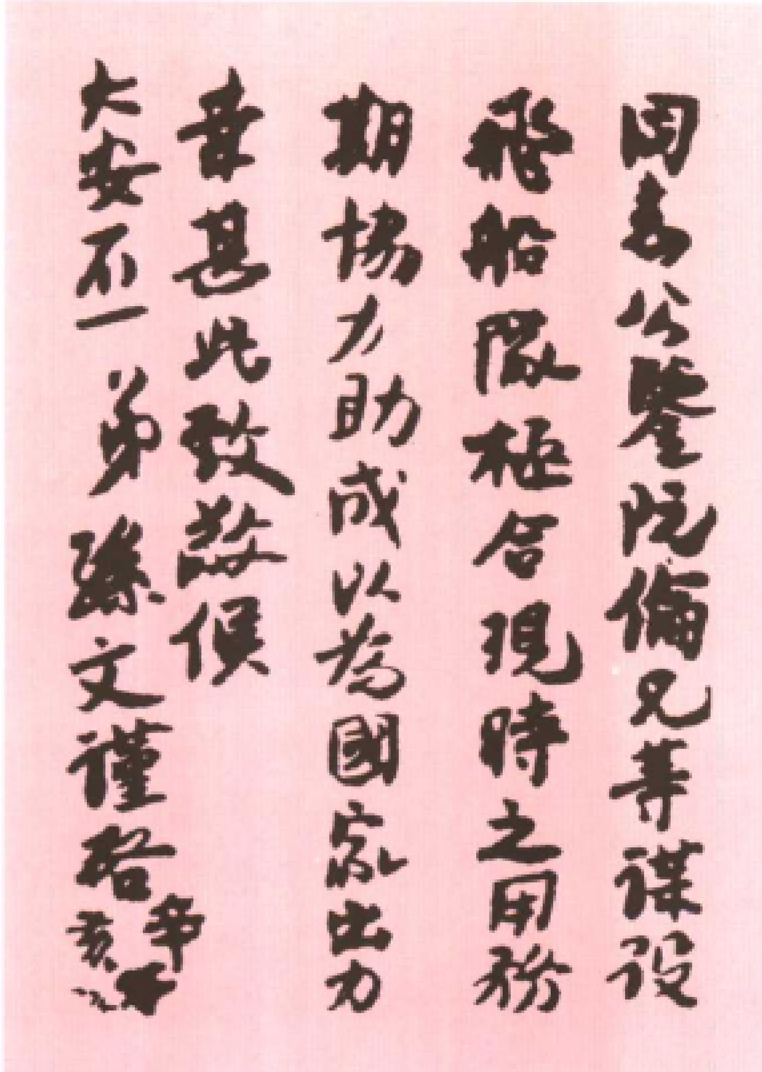
20世纪60年代中期以后，随着计算机在军事气象领域中的应用，美、苏等国的军队相继开展了与作战指挥自动化相适应的气象保障自动化建设。美国空军气象局从70年代起建立了航站天气预报自动化系统。中国人民解放军空军于20世纪80年代中期开始研制航空气象保障自动化系统，先后装备了气象报文自动接收、指挥所天气实况自动显示和天气图自动填绘等系统。90年代以来，陆续研制成功高分辨气象卫星云图显示系统、数字化气象雷达回波显示系统、预报工作站、图形图像工作站、区域数值预报模式等系统，以及军以上气象中心气象业务自动化系统工程的建设，使航空气象保障的自动化水平有了进一步的提高。随着计算机和网络技术的高速发展，航空气象保障自动化系统将在航空数值天气预报和远程网络服务方面有新的进展。航空数值天气预报系统的建立和完善，将使航空天气预报向客观化、定量化方向迈进一大步。而远程网络服务系统，可向各类航空用户提供丰富的气象预报产品，同时也有助于上级气象业务部门对下级业务部门的指导和远程会商系统的建立。 （徐 宏）

空军历史

中国近代空军军史

Zhongguo Jindai Junshi Hangkong
中国近代军事航空 (Chinese modern military aviation) 清朝末年至中华人民共和国建立，中国军事航空建立、发展及活动情况。1905年湖广总督张之洞从日本购进2个侦察气球。1908年湖北陆军第八镇气球队成立，是中国最早的军事航空组织。1909年3月后，清政府陆续派人到英、法等国学习飞机制造和驾驶技术。9月，旅美华侨冯如在美国成功试飞自己设计制造的飞机。1910年8月，清政府在北京南苑试制飞机，1911年成立飞行器研究所。辛亥革命至中华人民共和国建立，军事航空发展经历4个时期。

辛亥革命至军阀割据时期的军事航空(1911.10～1927.7) 1911年，孙中山领导的辛亥革命爆发，为推翻清政府，湖北、广东、上海军政府航空队和华侨革命飞机团先后成立。1912年3月，袁世凯篡夺政权后，北洋政府接收了湖北、上海军政府航空队的飞机和人员，广东军政府航空队和华侨革命飞机团解散。1913年9月，北洋政府在南苑建立航空学校，开始培养航空人员；1918年在福建马尾设立飞机工程处，制造飞机；1919年成立航空事务处，后又改设航空署，统管飞行训练和机械维修。1920年后，各地军阀为扩充实力，纷纷购买飞机，网罗航空人员，先后建立航空机构、航空学校及航空队，所属航空力量不同程度参与军阀混战的作战行动。



孙中山勉励海外革命党建立航空队的函

广东革命政府的军事航空。辛亥革命遭到挫折后，孙中山积极倡导“航空救国”，发展军事航空。1920年11月，孙中山在广州重组军政府，在大元帅府设航空局。1924年1月，开办广东军事飞机学校。1925年，广东军政府改组为国民政府，在军事委员会下设航空局。1926年，国民革命军北伐，在总司令部设航空处，负责指挥航空队作战。1928年后，广东地方势力控制广东军事航空力量。

东北的军事航空。1921年4月，奉系军阀张作霖在沈阳成立东三省航空处，1922年9月，成立东三省航空学校，1924～1925年，先后组建5支航空队，1925年10月，东北航空司令部成立。1926年夏，奉系入主北京后，改组北洋政府航空署。1928年6月，国民革命军北伐成功，奉系军阀退回东北，但仍保持一支较强的航空力量。“九一八”事变后，其所有的飞机、设备均被侵华日军掠夺。



冯如设计制造的飞机

十年内战时期的军事航空(1927.8～1937.6) 1928年11月，国民党军事委员会航空处扩编为航空署，辖4支航空队。1930年扩编为5支航空队和1个侦察分队。1932年淞沪抗战期间，航空队配合第19路军对日军作战。1933年8月空军成为独立军种。1934年为“围剿”中国工农红军，航空署迁往南昌，改称航空委员会，其航空队对中央红军进行侦察、轰炸、扫射。1936年6月发生“两广事变”，广东空军74架飞机投向南京国民党政府空军。同年，国民党政府收编各地军事航空力量，编成9个大队，有各型飞机314架。在此时期，先后在杭州、韶关、南昌建立飞机制造厂，在笕桥成立航空学校。

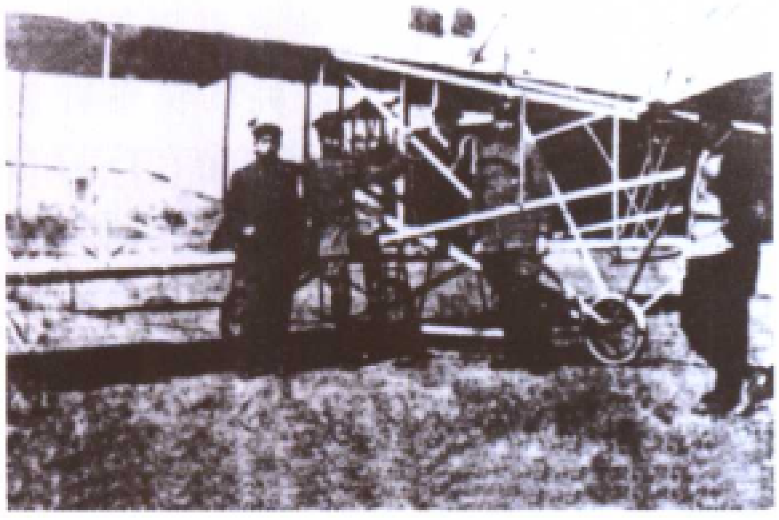
抗日战争时期的军事航空(1937.7～1945.8) 1937年7月，抗日战争全面爆发后，国民政府成立空军前敌总指挥部。1938年3月改为按地区设置的第1～5路司令部。1941年4月成立空军总指挥部。抗日战争期间，空军增建航空站和机场100多个；接收苏联援助的飞机1 235架，接收美国援助的飞机1 394架；航校培训飞行人员2 722人，还成立了空军军士学校、空军参谋学校、空军通信学校和空军幼年学校。中国空军在苏联空军志愿队、美国志愿航空队的配合下与日军作战4 027次，出动飞机1.85万架次，击落日机568架、击毁599架，炸毁日舰船283艘及许多军事设施。中国空军在作战中损失飞机2 400多架。

解放战争时期的军事航空(1945.9～1949.9) 抗日战争胜利后，国民党政府在美国政府支援下，大力扩充空军，积极准备并参加内战。1946年8月，航空委员会改组为空军总司令部，周至柔任总司令，全国分5个空军军区，辖战斗机大队4个、轰炸机大队2个、运输机大队2个、侦察机中队1个，装备各型飞机550多架。9月起，对中原、东北、华北、华中的解放区和人民解放军部队进行侦察、轰炸和扫射。至1949年9月，共出动飞机6.63万架次，被人民解放军击落、击毁190架；人民解放军缴获和接收国民党空军起义飞机189架；国民党空军撤往台湾的兵力约4.5万人，飞机330余架。

中国共产党在第一、第二次国内革命战争和抗日战争期间，通过各种渠道培养航空人才。1946年3月，创办东北民主联军航空学校，至1949年10月，共培训各类航空人员560余人，为建立中国现代军事航空创造了条件。

（毕居正 陆文至）

Xinhai Geming Qijian Junshi Hangkong
辛亥革命期间军事航空 (military aviation during Revolution of 1911) 1911年10月～1912年2月，孙中山领导的革命党人建立的军事航空力量及其活动。1911年10月10日，辛亥革命爆发，革



华侨革命飞机团的飞机运抵南京

命党人为了壮大革命声势，在各地群众、爱国华侨和海外留学人员积极参与和资助下，先后建立4支航空队：①湖北军政府航空队。1911年11月由湖北军政府组建，刘佐成任队长，潘世忠任顾问，有2架法制“桑麻”式飞机。1912年6月，刘佐成等人到南京卫戍司令部交通团飞行营任职，湖北军政府航空队解散。②广东军政府飞机队。1911年12月由广东军政府组建，冯如任队长。1912年8月25日，冯如因飞行失事牺牲，飞机队解散。③华侨革命飞机团。1911年11月，设在美国三藩市(现旧金山市)的中国同盟会美洲总支部，组织华侨出资购买6架飞机，成立飞机团，12月回国参加辛亥革



厉汝燕在上海试飞

命。因袁世凯篡夺革命政权，1912年4月飞机团被迫在上海解散。④沪军都督府航空队。1912年1月，沪军都督府电召厉汝燕从英国回国，并购买2架奥地利“鸽”式飞机运抵上海，组建航空队，厉汝燕任队长。厉汝燕曾驾机在上海江湾一带上空散发传单，庆祝辛亥革命胜利。6月，沪军都督府撤销，航空队随之解散。

随后，以沪军都督府航空队的飞机和人员、湖北军政府航空队人员为基础，成立南京卫戍司令部交通团飞行营。

（毕居正）

Hubei Junzhengfu Hangkongdui
湖北军政府航空队 (Aviation Group of Hubei Military Government) 辛亥革命期间，湖北军政府建立的军事航空力量。见辛亥革命期间军事航空。

Guangdong Junzhengfu Feijidui
广东军政府飞机队 (Aircraft Group of Guangdong Military Government) 辛亥革命期间，广东军政府建立的军事航空力量。见辛亥革命期间军事航空。

Huaqiao Geming Feijituan
华侨革命飞机团 (Overseas Chinese Revolutionary Aircraft Regiment) 辛亥革命期间，旅美华侨为支持辛亥革命，在美国三藩市(现旧金山市)建立的航空力量。见辛亥革命期间军事航空。

Hujun Dudufu Hangkongdui
沪军都督府航空队 (Aviation Group of Shanghai Military Government) 辛亥革命期间，沪军都督府建立的军事航空力量。见辛亥革命期间军事航空。

Beiyang Zhengfu Junshi Hangkong
北洋政府军事航空 (military aviation of Beiyang Government) 1912～1928年，北洋政府建立的军事航空力量及其活动。1912年3月10日，袁世凯篡夺革命政权，在北京成立北洋政府。1913年3月，调南京卫戍司令部交通团飞行营2架飞机及部分人员归属北京南苑陆军第3师，并附设随营教练班和1个小型飞机修理厂。6月，从法国购买飞机12架。9月，成立南苑航空学校。1918年，在福建马尾设立海军飞机工程处，后改称海军制造飞机处，至1928年，共制造水上飞机10余架。1919年11月，北洋政府在国务院设立航空事务处，由代国务总理、陆军总长靳云鹏兼任处长。1921年2月，航空事务处与交通部筹办航空事宜处合并为航空署，隶属军政部，陆军次长丁锦任署长，统管全国航空行政事宜和飞行训练、飞机维修等。下设经理、航运、机械、军事、总务、翻译厅和技术委员会，直属单位有南苑航空教练所、清河航空工厂和京沪航空线管理局筹备处。1919～1921年，北洋政府先后两次向英国政府借款3 000多万英镑，购买200多架飞机。直系军阀曹锟控制北洋政府期间，1924年4月5日，成立中央航空司令部，敖景文任司令，辖3个航空队、1个航空练习所、1个修理厂和1个技术连。北洋政府曾派航校飞机参与镇压白朗起义军，进攻川、湘护国军，讨伐张勋复辟以及对奉系军阀作战行动。1927年6月，奉系军阀张作霖控制北洋政府，改组航空署，将其归属军事部。1928年4月，撤销航空署，在军事部军政署设航空司。5月，国民革命军攻占北京，北洋政府所有航空机构及人员、飞机被南京国民政府接收。

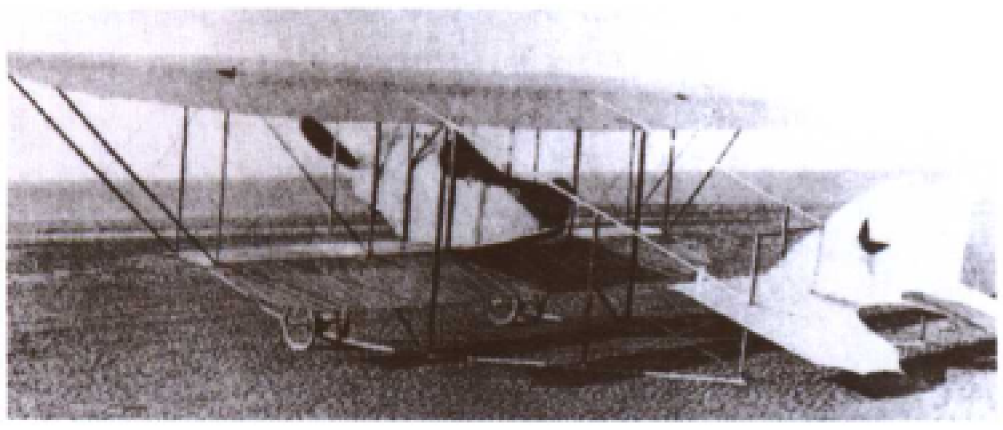
（毕居正）

Beiyang Zhengfu Hangkongshu
北洋政府航空署 (Aviation Bureau of Beiyang Government) 1921年2月，北洋政府成立的航空领导机构。见北洋政府军事航空。

Beiyang Zhengfu Zhongyang Hangkong Silingbu
北洋政府中央航空司令部 (Central Aviation Headquarters of Beiyang Government) 1924年4月，北洋政府成立的航空领导机构。见北洋政府军事航空。

Nanyuan Hangkong Xuexiao
南苑航空学校 (Nanyuan Aviation School) 中国第一所培养航空人才的学校。1913年9月，北洋政府在北京南苑创建。1913年春，袁世凯采纳总统府顾问、法国驻北京公使馆武官白理索的建议，决定购买飞机，聘请部分外国航空人员开办航空学校。由参谋本部负责筹办，

财政部拨款33万元，从法国购进12架“高德隆”式飞机和航空备用器材及修理设备，在南苑利用陆军练兵场修建机场、校舍和修理厂。首任校长秦国镛，教育长王鹗，主任教官厉汝燕，飞行教官潘世忠等，吴承禧为修理厂厂长。9月，正式开学。课程分学科和术科两大类。学科设有航空学、机械学、气象学、陆军战术及战史、外语等课程；术科以练习飞行为主，装卸发动机和修理飞机为辅。学员大部分选自陆军学堂毕业生，学制第1期为1年，从第2期开始改为2年，分初级班和高级班。1914年12月，第1期毕业学员41名；1915年3月，第2期开学，由于军阀混战，政局动荡，航校训练时常中断，1917年3月，毕业学员42名；1921年春第3期学员入校，1923年夏毕业学员40名；1923年秋招收第4期学员，1925年11月毕业学员35名。这些学员后来成为国民政府和各省组建航空队的骨干。



法制“高德隆”式教练机

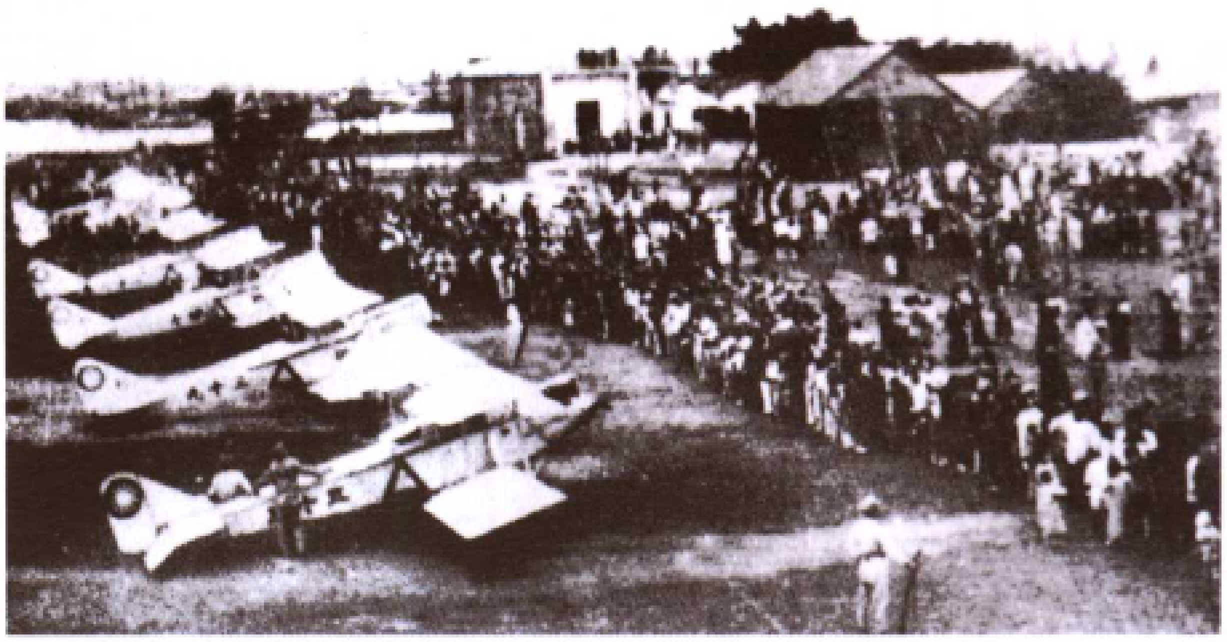
1919年，该校脱离参谋本部，改称航空教练所，隶属国务院航空事务处。王鹗任所长，姚锡九任教育长。修理厂从航校调出，成立清河航空工厂。1923年10月，直系军阀曹锟将航空教练所改名为国立北京南苑航空学校，赵云鹏任校长。1928年5月，北洋政府消亡，南苑航空学校撤销。

南苑航空学校办校15年，共毕业4期飞行学员158名。期间还组成航空队，参加镇压白朗起义军，进攻川、湘护国军，讨伐张勋复辟等作战任务。

（毕居正）

Guangdong Junshi Hangkong

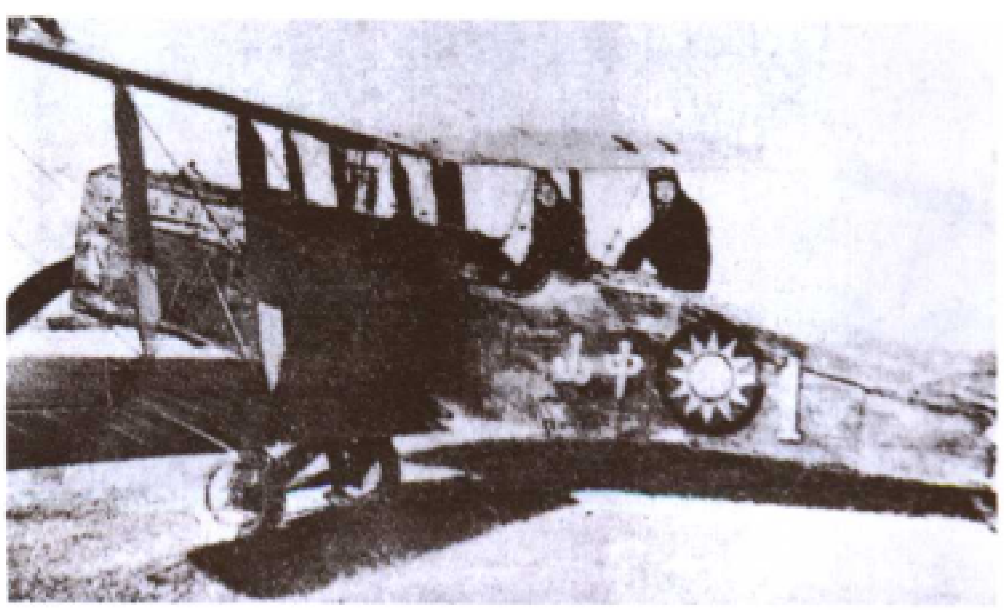
广东军事航空　(military aviation in Guangdong)　1911年11月～1936年7月，广东军政府创建的军事航空力量及其活动。1911年11月，广东军政府建立飞机队，冯如任队长。1917年9月孙中山就任中华民国军政府大元帅后，于1918年初，在大元帅府设立航空处，留美航空机械专家李一鄂为处长。6月，孙中山受滇桂军阀排挤被迫辞去大元帅职务，航空处解散。1919年初，旅美华侨购买的2架“寇蒂斯”式飞机运抵福建漳州，孙中山指派杨仙逸、张惠长赴闽组建援闽粤军飞机队。6月，援闽粤军飞机队在漳州成立，陈应权任队长。1920年8月，援闽粤军回师广东讨伐桂系军阀莫荣新，飞机队随军助战。为作战需要，孙中山从澳门购买6架飞机，组建航空队，因飞机机身漆有“中山”二字，又称中山航空队，由杨仙逸任队长。11月，孙中山重组广东军政府，复任大元帅，成立大元帅府航空局，朱卓文任局长，航空队分编为两支飞机队。张惠长任第1队队长，有水上飞机3架；陈应权任第2队队长，有飞机2架。同年底，孙中山派杨仙逸组织一批爱国青年赴美国学习航空，并向华侨筹款购买飞机，充实广东航空力量。1922年2月，孙中山颁发北伐动员令，航空局改组，飞机队改称航空队。5月，孙中山以韶关为大本营，派兵进入江西，张惠长、陈庆云率航空队7架飞机协助作战。6月，陈炯明在广州发动武装叛乱，北伐军回师广东讨伐，航空队参加作战，后因燃油、弹药耗尽无法补充，被迫在广东多塘铺机场将飞机焚毁，人员随地面部队转移。留在广州的航空局被陈炯明收编。10月，北伐右路军攻入福州，分散在各地的航空队人员陆续到福州集中，航空局在福州恢复建制，利用马尾海军航空工程处的飞机重组航空队。1923年初，陈炯明败退惠州。2月，孙中山回到广州，重新恢复大元帅府。3月，杨仙逸率领在美国培训的航空人员回广州，被任命为航空局长兼飞机制造厂厂长。中山航空队重新组建，黄光锐、林伟成分别任两支飞机队队长，共有飞机8架，在平息广州几次叛乱中发挥了重要作用。1923年6月，飞机制造厂造出第1架飞机。1924年，苏联航空专家李糜等飞行人员携飞机、器材来广州，协助孙中山发展航空事业。同年7月，在广州创办广东军事飞机学校。1925年10月，航空局改隶军事委员会，辖3支飞机队，张治中兼任航空局局长和军事飞机学校校长。1926年7月，广东大元帅府改组为国民政府，国民革命军誓师北伐，组成北伐军航空队，航空局改组为航空处，隶属国民革命军第八路军总司令部，林伟成任航空处长。1927年以后，李济深、陈济棠先后掌管广东的军政实权，军事航空力量成为广东当局



广东航空局向民众展示飞机



援闽粤军飞机队



“中山”号飞机

与南京国民政府抗衡的一支重要力量。1931年6月，陈济棠将军事航空组织从陆军中划出，成立广东空军总司令部，黄光锐任司令。1933年春，黄光锐等赴美国考察，发动华侨捐资购买飞机，两年内陆续购买各型飞机50余架。1936年3月，广东空军拥有飞机100余架、飞行人员200余人。1936年7月，广东空军在南京国民政府策动下，由黄光锐带领分两批“北飞”，归附于南京国民政府。

（毕居正）

Yuan-Min-Yue Jun Feijidui

援闽粤军飞机队 (Guangdong Aircraft Group in Support of Fujian Province) 广东军政府建立的军事航空组织。见广东军事航空。

Dayuanshuaifu Hangkongju

大元帅府航空局 (Aviation Bureau of Generalissimo Prefecture) 1920年11月～1926年7月，孙中山建立的航空领导机构。见广东军事航空。

Zhongshan Hangkongdui

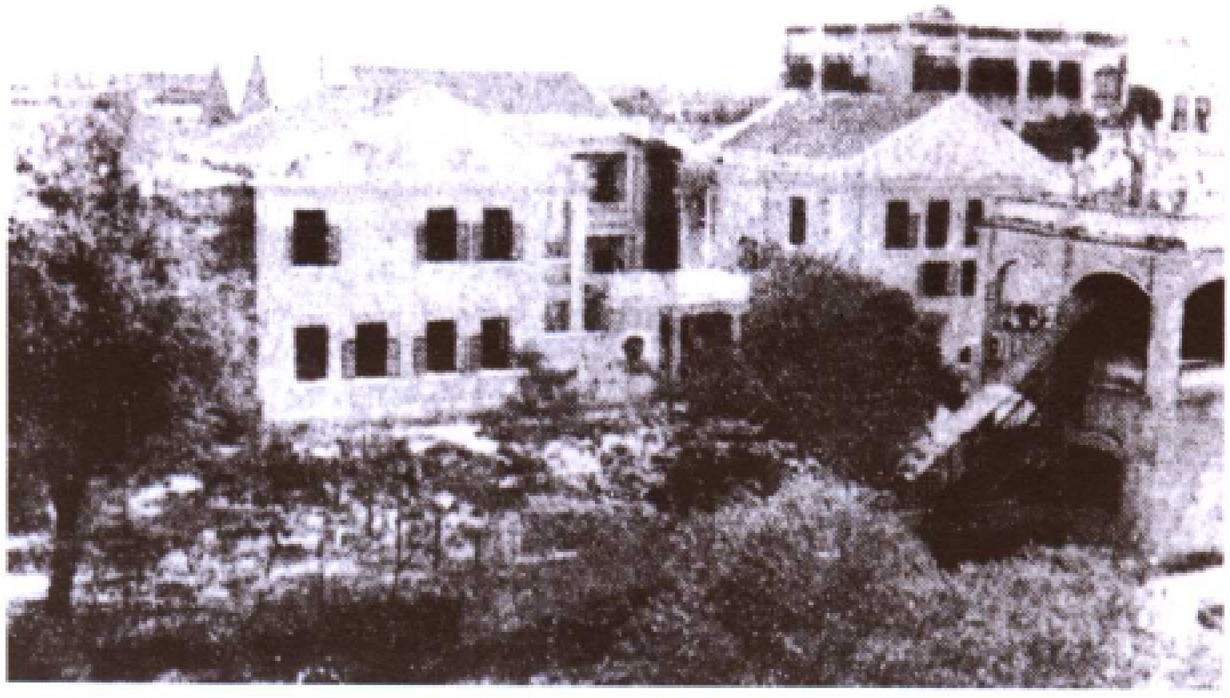
中山航空队 (Zhongshan Aviation Group) 1920年～1923年，广东军政府成立的飞机队。见广东军事航空。

Guangdong Kongjun Zong silingbu

广东空军总司令部 (Guangdong Air Force General Headquarters) 1931年6月，广东军政府建立的空军领导机构。见广东军事航空。

Guangdong Hangkong Xuexiao

广东航空学校 (Guangdong Aviation School) 1924年7月～1936年6月，广东军政府培养航空人才的学校。1924年7月，在孙中山倡导和苏联的援助下，广东军政府在广州成立军事飞机学校，隶属大元帅府航空局，首任校长为苏联顾问李糜。初期有“寇蒂斯”式飞机2架，学员大部分选自黄埔军校。第一期学员10人，学制1年。1925年10月，张治中兼任航空局局长和飞机学校校长。1927年初，时任校长的黄秉衡率飞机队北上协助北伐军作战，学校教学暂停。6月，学校更名为国民革命军总司令部航空学校，并恢复招生。1929年5月，航校更名为国民革命军第八路军总指挥部航空学校。1931年7月，更名为国民革命军总司令部空军学校。1932年7月，改称国民革命军第一集团军航空学校。1936年6月，发生“两广事变”，航校停办，学员并入杭州笕桥中央航空学校。



广东航空学校校址

广东航空学校历时12年，共培养7期学员，毕业500余人，其中飞行学员425人，先后派出37人去苏联留学，是当时全国培养飞行人员最多的一所航空学校。

（毕居正）

Dongbei Junshi Hangkong

东北军事航空 (military aviation in the Northeast) 1921年4月～1931年9月，奉系军阀建立的军事航空力量及其活动。1920年奉军将南苑航校的10架飞机及修理厂一批设备、航材运到奉天(今沈阳)，并招收部分航空技术人员，筹办军事航空。1921年4月1日，成立东三省航空处，乔赓云任处长。1922年9月，成立东三省陆军航空学校，乔赓云兼任校长。1923年9月，张学良兼任航空处总办及航校校长，整顿东三省军事航空，增购飞机，招揽人才，选送军官去国外学习航空技术，同时组建“飞龙”、“飞虎”和“飞鹰”3支航空队。在1924年爆发的第二次直奉战争中，航空队发挥了重要作用。1925年6月，东三省航空处改称东北航空处，增建“飞鹏”、“飞豹”2支航空队，拥有100多架飞机。10月，奉军成立东北航空司令部，张学良任司令，率“飞虎”、“飞鹏”2支航空队随奉军入关与冯玉祥的国民军作战。1926年3月，在秦皇岛成立东北海防飞行训练队，7月，5名飞行员毕业后以水陆两用飞机组成水面飞行队，执行作战任务。同年夏，奉军进驻北京，改组北洋政府航空署，由刘光克任署长，下属机构全由奉系人员控制。1928年1月，调整东北航空处，撤销东北航空司令部，4月，裁撤北京航空署。6月，国民革命军攻占北京，奉军及航空队撤回东北。8月，张学良将东北航空处改为司令长官公署军事厅航空处，将航空部队改为东北航空大队，辖第1至第5航空队。1930年，东北航空大队改为东北边防军航空司令部，张学良任司令。“九一八”事变后，东北边防军航空司令部所属的100多架飞机和航空工厂设备、航材全部被侵华日军掠夺，飞行人员大多数赴北平(今北京)、南京等地。

（毕居正）

Dongsansheng Hangkong Xuexiao

东三省航空学校 (Aviation School of Three Provinces in the Northeast) 1922年9月～1931年9月，奉系军阀建立的培养航空人才的学校。亦称东塔航空学校。1922年9月，奉系军阀张作霖在沈阳东塔机场成立东三省陆军航空学校，首任校长由东三省航空处长乔赓云兼任，教官



张学良(前右2)检阅航空队

除中国人外，还聘请英国、日本、白俄罗斯人担任。1923年9月，张学良任航空处总办兼航校校长。1926年8月，更名为东三省航空学校。1928年9月，航校并入东北讲武堂，改为航空教育班。1930年，由沈阳东塔机场迁往北陵机场。

航空学校初办时，飞行训练不分科，按所用飞机发动机马力大小分为3级。以英制100马力“阿弗罗”教练机为第1级训练；以法制180马力“高德隆”教练机为第2级训练；以法制300马力的“布莱盖”教练机为第3级训练。每级训练时间约60小时。先后训练3期学员。第一期招收飞行学员50名，主要从陆军军事学校毕业生中挑选，1922年9月入学，1924年8月毕业41名；第二期招收飞行学员20名，主要从奉军第三、第四军团卫队挑选，1924 年9月入学，1926年毕业15名；第三期招收学员60名，1931年7月入学。“九一八”事变后，航校不复存在。（毕居正）

Dongta Hangkong Xuexiao
东塔航空学校 (Dongta Aviation School) 见东三省航空学校。

Zhili Junshi Hangkong
直隶军事航空 (military aviation of the Zhili Warlords) 1921年11月～1928年5月，直系军阀建立的军事航空力量及其活动。1920年直皖战争后，直系军阀冯国璋、曹锟等将交通部筹办航空事宜处存放在北京南口的3架“亨得利”式飞机运回保定，并在保定修建机场。1921年11月1日，成立保定航空队，由敖景文任队长。同时，直系军阀胁迫大总统徐世昌改组北洋政府航空署，由潘矩楹任署长。1922年冬，在保定成立飞行练习生队，1923年5月，扩编为航空练习所，聘请从美国陆军航空学校留学归来的沈德燮主持教育训练，从航空队抽调飞行员担任教官，调3架飞机用于训练。在1922年4月爆发的第一次直奉战争中，直系航空队发挥了作用。1923年10月，曹锟任大总统后，将航空机构从保定迁至北京，直隶军事航空与北洋政府军事航空合并。1924年4月，在北京成立中央航空司令部，敖景文任司令，辖3支航空队。将航空练习所改为中央航空教练所，沈德燮任所长。12月，设在保定的中央航空教练所改名为国立航空学校，沈德燮任校长。1925年3月，航空学校从保定迁至河南洛阳。

1924年8月，爆发第二次直奉战争，直军3支航空队投入战斗。直军第3路军总指挥冯玉祥发动兵变后，中央航空司令部的飞机一部分被冯玉祥缴获，一部分在秦皇岛被奉军缴获。飞行人员大部分投奔冯玉祥。直军在保定的国立航空学校由冯玉祥的国民军第3军接收，组成该军航空司令部。1925年10月，直系军阀吴佩孚在汉口“讨逆”联军总司令部成立航空处，敖景文任处长。1926年1月，直、奉军联合进攻冯玉祥的国民军，吴佩孚从国民军第3军中夺回飞机和飞行人员，在保定将联军航空处扩编为航空司令部，敖景文任司令，编3支航空队。奉军击败冯玉祥的国民军第1军后挥师南下，直系的航空力量又被亲奉系的直隶督办褚玉璞接收。1926年9月，亲奉军的直鲁联军接收保定联军航空司令部，成立直隶航空处。1928年1月，直隶航空处改编为航空司令部，袁振铭任司令。5月，国民革命军北伐成功，直隶航空司令部部分飞机和人员被国民革命军接收，部分人员组成直鲁军航空司令部，移驻河北昌黎，归附奉军。（毕居正）

Yunnan Junshi Hangkong
云南军事航空 (military aviation in Yunnan) 1922年5月～1937年9月，云南地方势力建立的军事航空力量及其活动。1922年春，云南军阀唐继尧重掌云南省军政大权。5月，成立云南航空处，刘沛泉任处长，下辖2支航空队，王狄仙任第1队队长，张子璇任第2队队长，并在昆明巫家坝修建机场。初期，聘请法国人为顾问和教官、12名越南技术人员负责飞机修理。1923年4月，在巫家坝成立云南航空学校，刘沛泉兼任校长，购买法制“高德隆”式教练机6架，开始培养学员。从1923年4月～1935年2月，先后毕业4期共200余名飞行和机械学员，其中女学员11人。1937年9月，国民政府中央航空学校迁往昆明，云南航空学校并入中央航空学校。

1927年2月6日，云南发生政变，唐继尧下台。航空队和航空学校因经费不足，解聘法国顾问，辞退越南技术人员，一些飞行人员奉命调往北伐军东路军航空司令部。1928年1月，龙云任云南省主席兼国民革命军第38军军长，掌握云南军政大权，重整航空队和航空学校。1929年10月，蒋桂战争爆发后，龙云乘机将云南航空队扩编为讨逆军第10路航空司令部，任命刘沛泉为司令，下辖2支航空队。因蒋介石未拨给龙云扩建航空司令部经费，航空司令部又改为讨逆军第10路航空队，张汝汉任队长。1935年2月，中国工农红军进入川滇边境，航空队改称“剿匪”军第二路总指挥部航空队。龙云被任命为滇黔绥靖公署主任后，航空队改称滇黔绥靖公署航空队，后又改称滇黔绥靖公署航空处，戴永华任处长。抗日战争爆发后，云南航空队归并于国民政府航空委员会。（毕居正）

Yunnan Hangkong Xuexiao
云南航空学校 (Yunnan Aviation School) 1923年4月～1937年9月，云南地方势力建立的培养航空人才的学校。见云南军事航空。

Jiangsu Junshi Hangkong
江苏军事航空 (military aviation in Jiangsu) 1923年8月～1925年3月，江苏地方势力建立的军事航空力量及其活动。1923年8月，江苏督军齐燮元在直系军阀曹锟的支持下，在南京小营修建机场，成立江苏航空队，尉迟良任队长，装备“小维梅”式飞机3架，由直系的保定航空司令部直接掌管调配，实际是直系保定航空司令部驻南京的一支航空队。1924年9月，爆发江浙战争，直系军阀命南苑航空学校教育长蒋逵组成中央临时航空队，率4架飞机飞赴江苏协助齐燮元作战，与江苏航空队组成统一指挥部，联合对亲奉系的浙江督军卢永祥作战。第二次直奉战争期间，江苏航空队调至山海关作战，直系将领冯玉祥倒戈后，直军瓦解，又返回南京。1925年3月，奉系击败直系控制了江苏，航空队解散，飞机被奉军运回沈阳。（毕居正）

Zhejiang Junshi Hangkong
浙江军事航空 (military aviation in Zhejiang) 1922年2月～1927年3月，皖系军阀、福建地方势力先后在浙江建立的军事航空力量及其活动。1922年，皖系军阀浙江督军卢永祥从法国购买6

架“布莱盖”式和4架“毛兰”式教练机，在杭州笕桥成立航空教练所，由曾在法国学习飞行的朱斌侯任所长。1923年，在上海龙华修建机场及航空设施。1924年2月，成立浙江航空队，朱斌侯任队长。10月，卢永祥在江浙战争中战败，航空队解散。1925年1月，福建督军孙传芳任浙江督办，利用原航空队的飞机、器材，于8月重建浙江航空队，顾荣昌任队长。第二次直奉战争直军战败，为防止奉系势力向南扩张，10月，孙传芳组成5省反奉联军。1926年2月，将浙江航空队改称联军航空队。11月，改称联军航空司令部，顾荣昌任司令，辖2支航空队，张维任第1队队长，耿煜曾任第2队队长。1927年3月，国民革命军东路军接收5省联军的飞机和人员，在上海成立国民革命军东路军航空司令部。（毕居正）

Shandong Junshi Hangkong

山东军事航空 (military aviation in Shandong) 1925年8月～1935年8月，山东地方势力建立的军事航空力量及其活动。1925年初，奉军将领张宗昌任山东省督军。张学良将有10余名飞行员并装备有“布莱盖”式、“高德隆”式飞机各3架的“飞豹”航空队调给张宗昌指挥，8月11日，利用这支航空队成立山东航空教练所，赵天豪任所长。在济南辛庄修建机场，聘请法国、日本人任飞行教官，招收学员41名，购买6架“波特”式教练机，1926年2月，开始进行训练。

直隶督军褚玉璞和山东督军张宗昌组成直鲁联军，张宗昌任总司令，褚玉璞任副总司令。1926年5月10日，在济南成立直鲁联军航空司令部，赵翔陆任司令，下辖“飞豹”、“飞雁”、“飞雕”3支航空队和1个航空工厂。3支航空队分别由盛建谟、王荣光、袁兆坤任队长，江光瀛任航空工厂厂长。直鲁联军攻占河北保定后，接收冯玉祥国民军第3军航空司令部。褚玉璞在保定成立直隶航空司令部，袁振铭任司令。张宗昌将直鲁联军航空司令部改为山东航空司令部，由赵翔陆任司令，辖3支航空队。1927年9月，18名飞行学员从山东航空教练所毕业，被分到各航空队。

1928年5月北伐军攻占济南、保定，直鲁联军退守天津，山东航空司令部与直隶航空司令部在昌黎组成直鲁联军航空司令部，聂恒裕任司令。7月，由聂恒裕率第1、第2航空队10架飞机从昌黎飞抵奉天(今沈阳)，归并到东三省航空司令部。1931年起，统治山东的韩复榘再办军事航空，但规模很小。1935年，山东的飞机及航空人员被南京国民党政府接收。（毕居正）

Shanxi Junshi Hangkong

山西军事航空 (military aviation in Shanxi) 1925年11月～1937年10月，山西军阀建立的军事航空力量及其活动。早在1919年，山西督军阎锡山从法国购买6台“布莱盖”式飞机发动机，自制飞机未成功。1925年春，从法国购“高德隆”式飞机2架，11月，在太原成立山西航空兵团，刘洁任团长。1926年5月，改称山西航空队。装备有“布莱盖”式、“阿弗罗”式飞机各3架，“高德隆”式飞机1架。10月，成立山西航空预备学校，杨玉山任校长。第1期招收学员44名。1927年2月，该校改名为山西陆军航空学校，阎效文任校长。10月，航空队分编为两个队，第1队队长刘洁，第2队队长郝中和。1928年3月，阎锡山任国民革命军第3集团军总司令，参加对奉军作战。8月6日，在总司令部设航空处，仲跻翰任处长，并改组航空队，梁上椅为队长。10月派飞机北出阳明堡、东出阳泉，配合北伐军作战。1929年9月1日，航空处、航空队、航空工厂等归并于航空学校，仲跻翰任校长，购买6架“摩斯”式飞机和8架教练机。12月30日，航校第1期34名飞行学员毕业。

1930年1月1日，山西陆军航空学校改为山西航空大队，刘一飞任大队长，辖2支航空队，刘俊杰任第1队队长，冯保伦任第2队队长。4月，爆发蒋冯阎中原大战。山西航空大队配合地面部队在河南、山东地区作战。11月，阎锡山战败，逃居大连，仍通过旧部属控制山西省军政大权。山西航空大队返回山西，为应付蒋介石解除阎锡山武装的命令，1931年5月，改编为山西民用航空局。1932年3月，恢复山西航空大队。1937年10月，山西航空大队30多名飞行人员赴南京，编入国民政府空军，航空工厂、机场等由南京国民政府接收。（毕居正）



山西航空学校第1期学员毕业合影

Xibei Junshi Hangkong

西北军事航空 (military aviation in the Northwest) 1924年11月～1926年8月，国民军总司令冯玉祥建立的军事航空力量及其活动。1924年11月，第二次直奉战争后，冯玉祥以缴获直系航空队的10余架飞机和保定航空司令部人员为基础，在张家口成立西北边防督办公署航空处(简称西北航空处)，王乃谟任处长。在孔家庄修建机场，进行飞行训练。1925年11月，国民军攻打奉系军阀，西北航空处组成航空大队，曹宝清任大队长，率8架飞机参战。国民军攻占天津后，缴获奉军4架飞机。西北航空处向欧洲国

家购买12架飞机，并在北京、张家口、平泉、绥远等地修建机场。1926年1月，西北航空处扩编为西北军航空司令部，邓建中任司令，下辖2支航空队，欧阳璋任第1队队长，高在田任第2队队长。此时，直、奉军联合进攻冯玉祥的国民军，8月，冯军战败，西北军航空司令部被阎锡山的晋军收编。（毕居正）

Guangxi Junshi Hangkong

广西军事航空 （military aviation in Guangxi） 1932年5月～1937年8月，广西地方势力建立的军事航空力量及其活动。1931年，桂系首领李宗仁、白崇禧等以办民用航空为名，在南宁成立民用航空局。1932年5月，改为航空处，林伟成任处长，隶属第4集团军总司令部，驻地由南宁迁往柳州。1933年5月，成立飞机队，宁明阶任队长，下辖3个飞行中队。每个中队有飞行员10余人，全队共40余人，装备有战斗机、轰炸机20余架。12月，从英国和德国购买飞机9架。1934年春，飞机队改编为飞机教导队。7月，在柳州成立广西航空学校，杨官宇任校长。至1936年4月共招收3期学员240余人。有飞行班和机械班，学制均为2年。先后派出4批27人赴英国、日本学习飞行和航空机械。

1935年9月，广西航空处并入广西航空学校。1936年春，飞机教导队扩编为飞机教导大队。随后，成立广西空军司令部，林伟成任司令，飞机教导大队直属广西空军司令部。6月，桂系发起"两广事变"，蒋介石对桂系分化瓦解，广西航空学校校长、飞机教导大队大队长等粤籍飞行人员6人先后驾机投蒋。1937年夏，飞机教导大队改编为混合飞行大队，随桂系军参加徐州会战，归中央航空委员会统管。抗日战争爆发后，中央航空学校由杭州迁往昆明，洛阳、广州分校迁往柳州，广西航空学校与其合并为中央航空学校柳州分校。（柳盛波）

Fujian Junshi Hangkong

福建军事航空 （military aviation in Fujian） 1917年8月～1934年1月，福建地方势力建立的军事航空力量及其活动。1917年8月，在福州成立海军飞潜学校，陈兆锵任校长。1918年1月，在福州马尾成立海军飞机工程处，开始制造飞机，到1930年10月，共制造水上飞机15架。1922年10月，成立福州航空局，朱卓文兼任局长，下辖2支飞机队，张寿春兼任第1队队长，陈庆云任第2队队长。

1928年，成立厦门航空处，陈文麟任处长。设飞行训练班，以第1期毕业的16名学员组成航空队，赵强任队长，装备12架教练机、轰炸机。1933年，与国民党政府海军部上海航空处合并。1931年11月，驻福建陆军第49师师长张贞成立闽南航空救国会，在漳州成立福建航空队，赵强任队长。1933年6月，第49师隶属于第19路军，航空队并于驻闽绥靖公署航空队，杨官宇任队长。11月22日，福建省政府主席蒋光鼐、第19路军总指挥蔡廷锴、爱国将领李济深、陈铭枢等发动"福建事变"，成立中华共和国人民革命政府，航空队归属于该政府，扩编为两个队，分别由刘植炎、邓粤铭任队长，分驻福州和漳州。1934年1月，中华共和国人民革命政府失败，航空队解散。（柳盛波）

Sichuan Junshi Hangkong

四川军事航空 （military aviation in Sichuan） 1929年12月～1937年9月，四川地方势力建立的军事航空力量及其活动。1929年12月，四川军阀刘湘从法国购买2架"波特斯33"式飞机，在重庆广阳坝修建机场，成立第21军航空处，季宗孟任监督。随后又从美国、法国购买10余架飞机。1931年春，航空处改为第21军航空司令部，刘湘兼任司令。辖2个飞机队，张裴然、高在田分别任队长，装备12架飞机。同年秋，航空司令部设航空教练所，蒋逵兼任教育长，共培训两期23名飞行学员，1934年因川军内战停办。

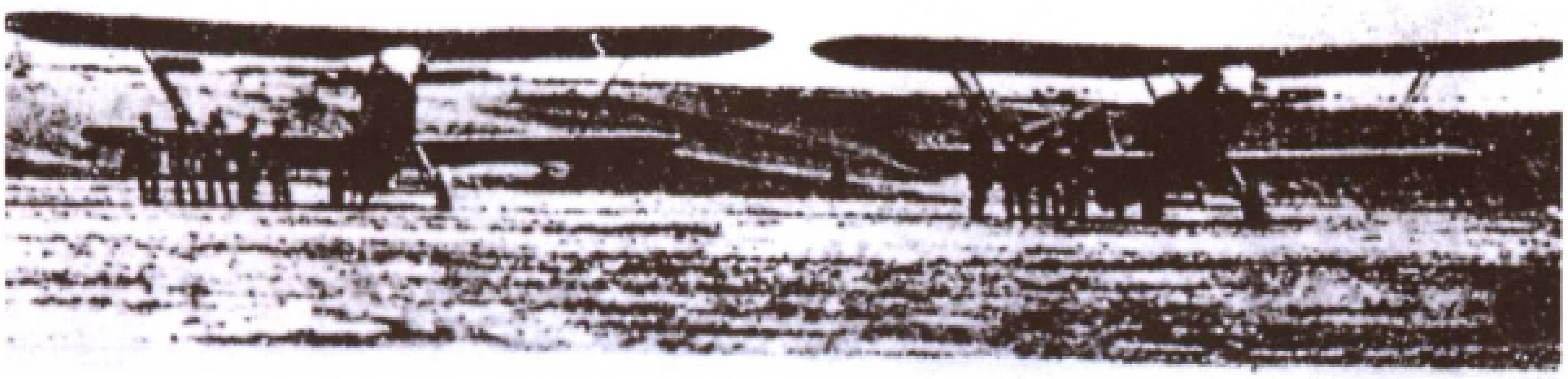
1931年冬，飞机队进驻湖北宜昌，围堵中国工农红军。1932年12月，刘湘发起进攻四川省政府主席兼第24军军长刘文辉的"两刘战争"，飞机队对第24军进行侦察、轰炸。1933年，刘文辉战败，刘湘被南京国民党政府任命为四川善后督办，第21军航空司令部改名为四川善后督办公署航空司令部。1934年，飞机队配合川军围堵进入川西北的中国工农红军。1936年3月，2支飞机队缩编为1个，张裴然任队长。抗日战争爆发后，刘湘率部赴武汉。1938年初，四川军事航空由国民政府接管。（柳盛波）

Hunan Junshi Hangkong

湖南军事航空 （military aviation in Hunan） 1931年1月～1934年10月，湖南地方势力建立的军事航空力量及其活动。1931年1月，湖南省政府成立航空处，黄飞任处长，招聘近20名飞行人员，购买14架飞机。2月，组成2支航空队，严瑶圃、林安分别任队长，每队有飞行员8名，配"可塞"、"费尔却"、"莱茵"式飞机各1架，"摩斯"式飞机4架。次年，又购买飞机10余架。1931年2月，航空处在新河机场开办航空训练班，严瑶圃任主任教官，招收31名学员，学制2年，1933年1月毕业。8月，航空处增编第3航空队，李希明任队长。1934年1月，航空处飞机修理厂试制成功1架飞机，命名为"湘字第108号"，该机除发动机外，其余部件均为自制。航空队曾配合地面部队对湖南境内和江西西部的中国工农红军实施侦察和轰炸。1934年10月，南京国民党政府借黄飞驾机贩毒事件撤销湖南航空处，所属飞行人员、飞机及飞机修理厂设备等全部移交给国民党政府航空委员会。（柳盛波）

Xinjiang Junshi Hangkong

新疆军事航空 （military aviation in Xinjiang） 1931年10月～1944年9月，新疆地方势力建立的军事航空力量及其活动。1931年10月，新疆省政府主席兼总司令金树仁，从苏联购买拉－1型飞机4架，乌－2型教练机4架和卡－5型小型客机2架，招募飞行人员。1932年1月，成立新疆航空处，李笑天任处长。3月，成立新疆航空军官学校(后改称新疆航空学校)，金树仁兼任校长。学校聘请4名苏联飞行教官和6名中国飞行教官，第一期招收28名飞行学员。1933年4月，新疆发生政变，盛世才成为临时边防督办，掌握新疆军政大权，任命姚雄为航空学校校长。11月，学校开办第1期机械班，招收20名学员，1935年6月毕业。1936年8月，第1期飞行班毕业。同时，学校改名为新疆边防督办公署航空队，盛世才兼任队长，辖3个中队，第1、第2中队为作战中队，第3中队为教练中队，担任支援地面作战和培训航空人员的双重任务。9月，招收第2期飞行班学员20余名，1937年9月毕业14人。同年冬，招收第



新疆航空队部分人员和飞机

3期飞行班学员和第2期机械班学员共70余人。此时抗日民族统一战线已建立，中国共产党驻新疆代表与盛世才达成由新疆航空队为中国共产党培养航空人才的协议，第3期飞行班和第2期机械班内有中国共产党选派的红军干部43人。1942年盛世才投靠蒋介石后，将航空队中的红军干部全部监禁。1944年9月，新疆边防督办公署航空队改编为国民政府航空委员会空军第16总站。

（柳盈波）

Nanjing Guomin Zhengfu Kongjun
南京国民政府空军 (Air Force of the Nanjing National Government) 1927～1949年，南京国民党政府的军事航空力量及其活动。

1927年4月12日，蒋介石在上海发动反革命政变，18日，在南京另立国民政府。5月，成立国民革命军总司令部航空处，辖2个飞机队。9月，改为国民政府军事委员会航空处。1928年2月，设立北伐军航空司令部，并增编1个水上飞机队。6月，北伐军占领北京、天津，航空司令部撤销，仍由航空处主持管理航空事务。11月，航空处改组为航空署，隶属国民政府行政院军政部，负责掌管军事航空力量的编制、组织、教育等事务。所辖飞机队改称航空队，扩充为4个队，装备24架飞机。1929年2月，航空队先后参加中央军与桂军、粤军和西北军等地方军队的作战。1930年5月，参加中原大战，扩编为7个队，配合中央军在陇海、津浦、平汉路方向与各地方军队作战。之后，航空队还参加了“围剿”中国工农红军及镇压察哈尔抗日同盟军的作战。1932年1月28日，侵华日军在上海向中国守军发动进攻，航空队协助国民革命军第19路军等中国军队抗战，多次与日机空战，由此揭开中国航空队抵御外敌侵略的序幕。8月，航空署划归国民政府军事委员会领导，名义上仍属于军政部的一个署，辖4个航空队、23个航空站。9月，成立中央航空学校。1933年2月，航空署所辖人员全部改为军职，所属官兵佩戴空军军衔和符号。8月，为统一政令，航空署隶属军事委员会，空军在组织指挥上与陆军正式分开，成为与陆、海军并列的独立军种。同年，还成立了航空教导总队。

1934年5月，航空署改组为航空委员会，蒋介石兼任委员长。1935年6月，成立中央航空学校洛阳分校，首都防空处改为防空委员会；在南京、上海、南昌、洛阳等地设立空军总站，负责各种航空勤务保障。1936年3月，在南昌成立航空机械学校。4月，航空委员会办公厅主任改为航空委员会主任。同时增设秘书长。5月1日，航空委员会再行改组。6月，“两广事变”后，广东空军大部分空勤人员相继投奔南京国民党政府航空委员会，航空部队扩编为9个大队、30个中队。在广州设立空军总站，广东航空学校改为中央航校广州分校。防空委员会改称防空处，直属军事委员会。1937年5月，在全国划分空军军区，首先在南昌成立第3空军军区司令部，并撤销航空教导总队。

1937年7月7日，中国抗日战争全面爆发。航空委员会先后接管云南、广西、四川、山西等航空处及其航空部队，全国军事航空力量基本统一。共编成10个大队(含1个暂编大队)、35个中队及1个空运队，飞行人员约620名，各型飞机600余架，其中作战飞机约300架。为适应对日作战需要，成立空军前敌总指挥部；增设空军总站、航空站和机场；撤销第3空军军区司令部，在南京成立第1空军军区司令部(后迁至兰州)。11月，成立空军兵站监部，负责战时空军的运输补给。1938年3月，航空委员会再次改组，撤销空军前敌总指挥部，陆续在南昌、广州、西安、兰州、昆明等地组建空军第1～第5路司令部，形成较完整的组织指挥体系。

南京国民政府迁至重庆后，1941年，在成都设立空军总指挥部、军政厅和防空总监部3大机构，分别负责掌管空军的军令、军政及全国防空事宜。1943年2月，空军总指挥部和军政厅撤销，主要单位编入航空委员会。6月，由美国帮助在印度卡拉奇(今属巴基斯坦)成立战斗飞行训练中心，第1、第3、第5大队分批赴中心受训。10月，这3个大队与美国陆军第14航空队部分人员共同组成中美空军混合团，驻防桂林、芷江等基地，担负抗日作战任务。

抗日作战末期航空委员会下属指挥机构有：5个空军路司令部，另与陆军联合在重庆、桂林、巴东、昆明、西安设有5个防空区指挥部；所辖作战部队有9个飞行大队另1个中队，飞机数量较战前增加约40%。根据作战的需要，成立4所空军军校，增设10多个空军总站、100余处航空站，以及油料库、器材库、气象站、航空工厂等一批单位。1945年8月后，航空委员会抽调人员分赴各地接收侵华日军的飞机等装备及其设施，处理遣返战俘事宜。

1937年8月～1945年8月，空军部队参加的主要作战活动有：1937年淞沪战役和南京保卫战；1938年武汉、广州保卫战和台儿庄战役，突击侵华日军台湾基地，远征日本散发宣传品；1939年以后进行的南昌、桂南会战和保卫重庆、成都、西安、兰州等重要目标的防空作战，“驼峰空运”、常德会战空中作战、豫中会战空中作战、长衡会战空中作战、桂柳会战空中作战以及对侵华日军航空兵的突击作战等。抗日战争中，中国空军先后在苏联空军志愿队、美国志愿航空队、中美空军混合团以及美军第14航空队的配合下，共作战4 072次，出动飞机18 509架次，投弹715吨，击落日机568架、击伤110架，炸毁日机627架、炸伤120架，炸毁舰船282艘(其中航空母舰1艘)，炸毁炸伤日军坦克和军车8 456辆。己方损失飞机2 400余架，牺牲空、地勤人

员4 321人。

1946年8月，航空委员会改组为空军总司令部，撤销空军各路司令部和地区司令部，在全国设立5个空军军区司令部和台湾指挥部，分驻沈阳、北平、兰州、武汉、重庆和台北；所属空军部队编成8个大队、另1个中队。国民党发动全面内战后，空军总司令部指挥所属部队配合陆军与人民解放军作战。1948年至1949年9月，空军在大陆的各级指挥机构及其部队、学校等先后撤至台湾。

（张争平）

Guomin Gemingjun Zong Silingbu Hangkongchu

国民革命军总司令部航空处 （Aviation Division of the General Headquarters of the National Revolutionary Army） 1927年1～9月，武汉、南京国民革命军编设的军事航空领导机构。1926年10月，国民革命军北伐进占武汉。1927年1月，广州国民政府迁至武汉，成立国民革命军总司令部航空处，张静愚任代理处长，设军事、会计两科，下辖1个飞机队。3月，航空处组建航空总队，下辖2个飞机队。4月12日，蒋介石在上海发动反革命政变后，武汉国民革命军总司令部航空处及航空总队内部发生分化，该处改组为武汉国民政府军事委员会航空处，由孙科兼任处长。5月，南京国民革命军总司令部成立航空处，由黄秉衡任处长，设军事、经理两科，辖2个飞机队。7月，两个政府合并，南京国民革命军总司令部航空处合并了武汉国民政府军事委员会航空处。9月，国民革命军总司令部航空处改为国民政府军事委员会航空处。 （张争平）

Beifajun Hangkongdui

北伐军航空队 （Aviation Group of the Northern Expeditionary Army） 北伐战争时期，编入国民革命军北伐军的航空部队。1926年7月，国民革命军北伐。以在上海、南昌等地缴获直、鲁系军阀的两支航空队为基础，组成北伐军航空队，配合地面部队作战。8月，航空队派出多架飞机，先后在西路北伐军攻打长沙、汀泗桥、贺胜桥、汉口等战役中，担负空中侦察、轰炸敌军阵地和散发传单等任务。10月，北伐军占领武昌，航空队随即调往江西战场，配合中路北伐军攻占南昌等地，继而又参加中路北伐军和东路北伐军会攻南京的作战。1927年3月，航空队扩编为航空总队，下辖2个航空队。北伐军又在上海成立国民革命军东路军航空司令部，下辖2个航空队；在南京成立国民革命军江右军航空队。4月12日，蒋介石在上海发动反革命政变后，5月在南京另组建国民革命军总司令部航空处，东路军航空队和江右军航空队相继撤销。11月，北伐军渡江北上进攻津浦路沿线的直鲁联军，航空处将所辖航空队分为两个队，支援地面部队攻占蚌埠、徐州等地。1928年2月，南京国民党政府决定继续完成北伐。为配合地面部队作战，军事委员会成立北伐军航空司令部，下辖3个航空队，直属蒋介石兼任总司令的第1集团军。4月7日，各路北伐军奉命开始发起总攻。航空队配合第1集团军沿津浦线挺进，每日出动飞机对直鲁联军实施侦察、轰炸和散发传单。6月，国民革命军占领北平(今北京)、天津地区，北伐军航空队完成使命，返回南京。

（张争平）

Guomin Gemingjun Hangkong Zongdui

国民革命军航空总队 （General Aviation Group of the National Revolutionary Army） 北伐战争期间，武汉国民政府的军事航空力量。1926年10月北伐军攻占武汉后，1927年1月，广州国民政府迁至武汉，设立国民革命军总司令部航空处。张静愚任代理处长。3月，航空处组建航空总队，曹宝清任总队长，辖2个飞机队，装备“地海威兰”式飞机2架、“阿弗罗”式飞机1架，高在田任第1队队长，欧阳璋兼第2队队长。4月12日，蒋介石在上海发动反革命政变后，武汉国民革命军总司令部航空处及航空总队内部发生分化，曹宝清、高在田、欧阳璋等部分人员先后离开武汉赴南京任职。航空处改隶武汉国民政府军事委员会，陈秀任航空总队总队长。7月，两个政府合并，南京国民革命军总司令部航空处合并了武汉国民政府军事委员会航空处，航空总队撤销。 （张争平）

Guomin Zhengfu Junshi Weiyuanhui Hangkongshu

国民政府军事委员会航空署 （Aviation Bureau of the Military Committee of the National Government） 1932年8月～1934年5月，国民政府军事委员会设立的军事航空领导机构。负责掌管编制、组织和教育等事务。1932年8月，蒋介石为加强对军事航空力量的领导，将国民政府行政院军政部航空署划归军事委员会指挥，由南京迁至杭州，但建制上仍属军政部。编有总务、军务、技术、经理处，及情报、建筑、教育科，辖4个航空队及航空学校、工厂、医院、掩护队等。为扩大军事航空组织，航空署又在南京、汉口、南昌等军事要地设立23个航空站。1933年8月，南京国民政府为统一军令政令，将航空署完全脱离军政部，增设防空科和统计科，增编3个航空队。同年，筹建中央杭州飞机制造厂和南昌飞机修理厂，成立航空教导总队。1934年1月，成立防空学校。3月，航空署迁往南昌。5月，改组为国民政府军事委员会航空委员会。

（张争平）



国民政府军事委员会航空署

Guomin Zhengfu Junshi Weiyuanhui Hangkong Weiyuanhui

国民政府军事委员会航空委员会 （Aviation Commission of the Military Committee of the National Government） 1934年5月～1946年8月，国民政府军事委员会设立的空军领导机构。1934年5月，国民政府军事委员会航空署改组为航空委员会，负责统筹策划空军的发展

与编组，并负责向国外购买飞机和器材。由蒋介石兼任委员长，设办公厅及参谋、教育、总务、技术、经理处。1936年1月，航空委员会由南昌迁回南京。4月，周至柔任航空委员会主任，奉命统率空军。宋美龄任秘书长。5月，增设参事室。1937年5月，航空委员会开始在全国划分空军军区。不久进行改组，实行委员制，设委员长、秘书长、常务主任委员和常务委员，下设顾问室、参事室、常务委员会办公室及3个厅。11月，航空委员会迁至武汉，撤销常务主任委员和委员，改设主任、副主任。成立空军兵站监部，负责空军战时的运输补给。1938年3月，航空委员会再次改组，除顾问室、参事室、主任办公室外，设军令厅、技术厅、总务厅、防空厅。另设人事处、会计处，总政训处改为政治部。年底，航空委员会迁至衡阳、贵阳等地。1939年1月，迁至成都。5月，按照重新修订的组织条例，改厅制为监制，设训练监、防空监、兵站监，保留参事室、顾问室、秘书室、航空研究所、参谋处、航政处、机械处、人事处、经理处、副官室等。1944年10月，军事委员会颁发航空委员会组织条令，规定航空委员会主要负责掌管空军军令、军政、军训，以及发展航空工业、设计指导、监督全国防空、督导民用航空等事宜。航空委员会设委员长、委员、主任、副主任，编有防空总监部、参事室、秘书处、法制委员会、飞行失事审查委员会、编译委员会、购料委员会，及参谋、航政、交通、教育、机械、经理、卫生、人事、总务、会计处和政治部等机构。1945年8月，抗日战争结束，航空委员会迁回南京，1946年8月改组为国民政府空军总司令部。（张争平）

Guomin Zhengfu Kongjun Qiandi Zong zhihuibu

国民政府空军前敌总指挥部 (Front General Headquarters of Air Force of the National Government) 国民政府空军在抗日战争初期的作战指挥机构。1937年7月，抗日战争全面爆发。为便于统一指挥空军作战，国民政府军事委员会航空委员会成立空军前敌总指挥部，周至柔任总指挥。设轰炸、驱逐、侦察3个司令部，所属部队编为10个大队另6个独立中队、1个空运队，作战飞机约300架。其中：空军轰炸司令部辖第1、2、8大队，共8个轰炸机中队，驻南昌、广德等地；空军驱逐司令部辖第3、4、5大队及独立第29中队，共10个驱逐机中队，驻句容、南昌等地；空军侦察司令部辖第6、7大队，共7个侦察机中队，驻南京、西安等地。此外，第9大队辖2个攻击机中队驻蚌埠，中央航空学校暂编大队辖轰炸、驱逐、侦察机中队各1个，驻笕桥，独立第13、18、20、31、33轰炸机中队、1个驱逐机中队和1个空运队，分驻徐州、武汉、西安等地。1937年8月13日淞沪抗战爆发后，前敌总指挥部指挥所属部队参加淞沪、台儿庄等战役。淞沪抗战失利后，又率部参加保卫南京、武汉、南昌等地作战。1938年3月，根据协同地面军队作战的需要，撤销空军前敌总指挥部，另设空军各路司令部。（张争平）

Guomin Zhengfu Kongjun lusilingbu

国民政府空军路司令部 (headquarters of detachments of Air Force of the National Government) 1938年3月～1946年7月，国民政府空军设置的地区性指挥机构。1938年3月，国民政府军事委员会航空委员会为便于对所属空军部队实施指挥，配合地面军队作战，撤销空军前敌总指挥部，先后成立空军5个路司令部。5月，在南昌成立空军第1路司令部，张廷孟任司令，负责指挥第3、第5战区的空中作战，作战区域包括江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖南、广东等省。10月，该路司令部迁至湖南衡阳，1939年5月，迁至重庆，负责指挥四川、湖北、湖南等省空军的作战与防空管制。1939年4月，在广州成立空军第2路司令部，刘芳秀任司令，负责协同第4战区作战。该司令部随后迁往柳州、桂林等地。同时，在西安成立空军第3路司令部，田曦任司令，负责支援第1、第2战区在湖北、四川以北地区的作战。10月，该路司令部迁至成都，负责四川、陕西、甘肃地区的空军作战。1940年8月，驻兰州的空军第1军区司令部改组为空军第4路司令部，沈德燮任司令，负责指挥西北地区的作战与防空管制。1941年5月，在昆明成立空军第5路司令部，负责云南、贵州地区的空军作战与防空管制。至此，国民政府空军建立起比较完整的指挥体系。空军各路司令部编有5个科：第1科主管作战、训练、情报、通信、气象和警卫勤务；第2科主管场站、建筑、油料、械弹、运输；第3科主管飞机、器材、汽车修理；第4科主管人事、军法、卫生；第5科主管财务、补给。另设秘书室、副官室、会计室和政治督导员办公室。下辖路区内飞行部队、1～4个空军总站、飞机修理厂(修理所)、油弹库、航空器材库、运输队、空军医院等。1946年8月，航空委员会改组为空军总司令部，同时撤销空军各路司令部，改设空军军区司令部。（张争平）

Guomin Zhengfu Kongjun Zongsilingbu

国民政府空军总司令部 (Air Force General Headquarters of the National Government) 1946年8月～1949年9月，国民党政府的空军领导机构。1946年6月，国民党政府改组军事机构，取消军事委员会，成立国防部。8月，航空委员会改为空军总司令部，周至柔任空军总司令。下设人事、情报、管理与作战、补给及征购、计划5个署及副官、新闻、医务、财务、军法、气象、通信、防空、工程、总务10个处和咨议、督察、统计3个室。直属单位有航空工业局、伞兵总队、通信总队、气象总队和空军参谋学校、空军军官学校、空军机械学校、空军通信学校、防空学校等教育训练机构。空军总司令部设训练司令部、供应司令部，分别负责空军部队、学校的教育训练工作及装备维修、物资供应和基地勤务。在全国划分5个空军军区司令部和台湾地区空军指挥部，分别驻沈阳、北平、兰州、武汉、重庆和台北。所属空军部队编成8个大队另1个中队，其中：4个战斗机大队、1个重型轰炸机大队、1个中型轰炸机大队、2个运输机大队和1个侦察机中队。空军总司令部直辖重型轰炸机大队、运输机大队和侦察机中队，其余部队隶属于各空军军区司令部和台湾地区空军指挥部。空军战斗机大队各辖3个中队，轰炸机大队和运输机大队各辖4个中队。在沈阳、北平(今北京)、西安、青岛、昆明等地设有空军总站，负责管辖区内航空站、无线电台、测候站、油库、弹药库等。1947年3月，将供应司令部改为供应总处，各空军军区司令部设供应分处，负责本区飞

机修理维护和物资供应。撤销航空站，成立供应大队和中队，分别负责飞行大队和驻机场部队的飞机维修、物资供应及基地勤务等。7月，成立伞兵司令部，伞兵总队改为伞兵第1、第2团。1948年8月，组建伞兵第3团。

1946年6月国民党发动全面内战后，空军总司令部指挥所属部队遂行空中侦察、轰炸扫射和运输等任务，支援其地面部队与人民解放军作战。1948年～1949年9月，空军总司令部及其所属机构、部队、学校先后撤至台湾。

（张争平）

Guomin Zhengfu Kongjun junqu silingbu

国民政府空军军区司令部 (area headquarters of Air Force of the National Government) 1936年5月～1949年9月，国民党政府空军战役军团地区性指挥机构。

1936年5月，国民政府军事委员会航空委员会计划在全国划分6个空军军区。1937年5月，首先在南昌成立空军第3军区司令部。抗日战争全面爆发后，撤销第3军区司令部，成立空军前敌总指挥部。8月，在南京成立空军第1军区司令部，不久迁至兰州，负责西北地区空中作战与航空管制。1938年3月，国民党政府空军撤销前敌总指挥部，先后设立5个路司令部。

1946年6月，国民党发动全面内战。8月，航空委员会改组为空军总司令部，撤销抗日战争期间设立的各路司令部，将全国划分为5个空军军区。其中：第1军区司令部驻沈阳，张廷孟任司令，作战区域包括今黑龙江、辽宁、吉林等省；第2军区司令部驻北平，徐康良任司令，作战区域包括今河北、山东、山西省和内蒙古自治区；第3军区司令部驻兰州，刘国运任司令，作战区域包括今陕西、河南、甘肃省和宁夏回族、新疆维吾尔族自治区；第4军区司令部驻汉口，罗机任司令，作战区域包括今湖南、湖北、江西、安徽、江苏、浙江、福建、广东省和广西壮族自治区；第5军区司令部，驻重庆，晏玉琮任司令，作战区域包括今四川、云南、贵州等省。各空军军区司令部负责指挥辖区内所属空军部队协同陆军作战。1947年3月，国民党军队对解放区转入重点军事进攻，重新划分各绥靖区，4月，空军调整5个军区的作战区域。1949年，随着国民党军队在国内战场的失败，空军各军区司令部也相继消亡。（张争平）

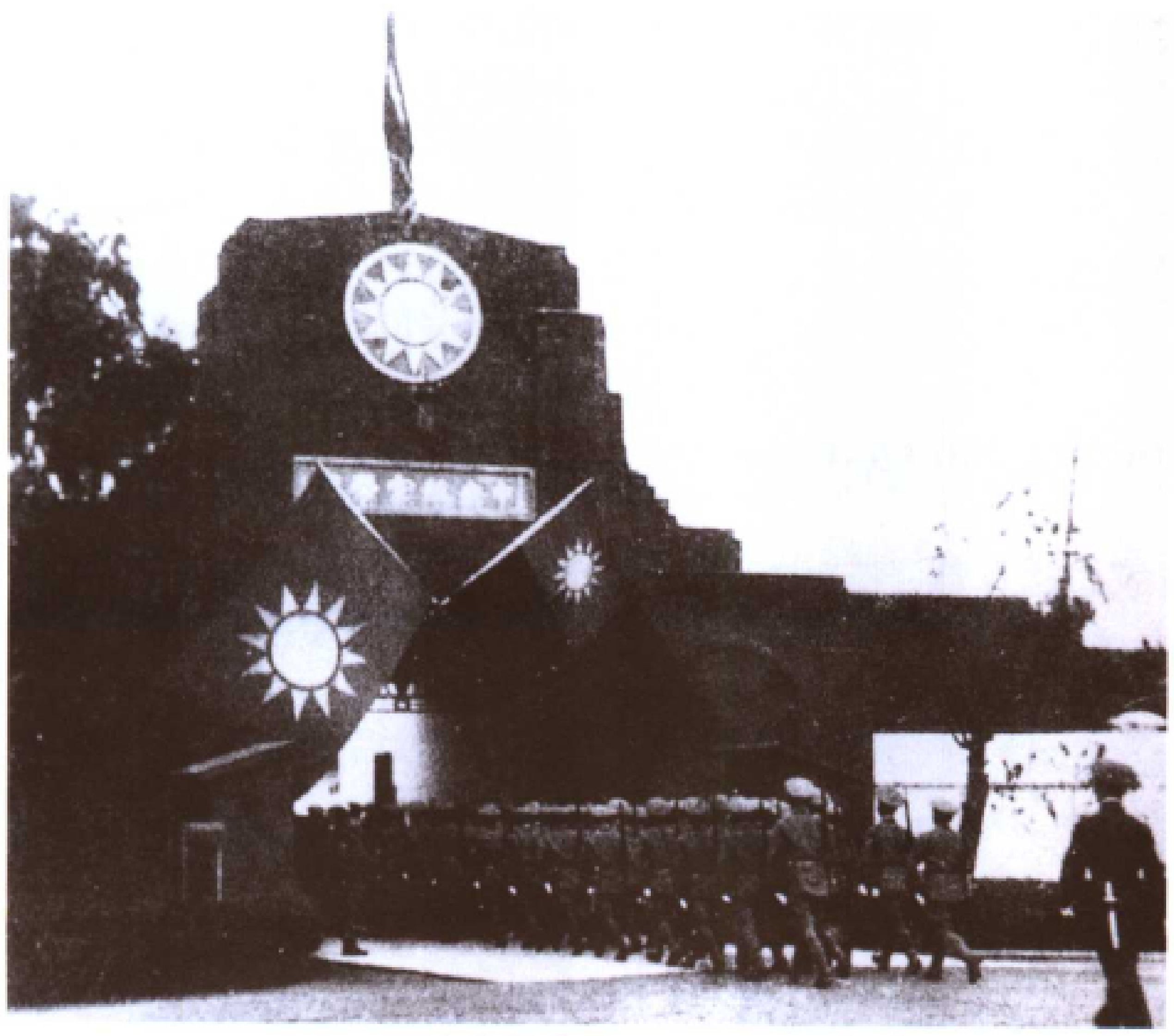
Taiwan Diqu Kongjun Zhihuibu

台湾地区空军指挥部 (Command Post of Air Force in Taiwan) 见国民政府空军总司令部。

Guomin Zhengfu Zhongyang Hangkong Xuexiao

国民政府中央航空学校 (Central Aviation School of the National Government) 国民党政府培养空军飞行人员的学校。又称笕桥航空学校。1932年9月1日在杭州笕桥成立，校长由蒋介石兼任。前身为1929年6月在南京成立的中央陆军军官学校航空班。学校设教育处、政治训练处、经理科、管理科、医务科、工厂、掩护营等。招收军事学校青年毕业军官和普通高中毕业生。主要进行飞行训练，兼办特种高级飞行训练。学制3年，第1年为普通科，第2、第3年为专科。由美国人朱厄特(J·H·Jouett)上校负责教育训练，美国陆军航空学校部分毕业生组成的顾问团实施教学。

1935年6月，成立中央航空学校洛阳分校。1936年6月，发生“两广事变”，9月，接收广东航空学校，改称中央航空学校广东分校。此后，初级机飞行训练在分校进行，中、高级机飞行训练在中央航空学校进行。训练飞机主要有PT－17、“乌特”－2、AT－6等初级教练机，“道格拉斯”、“霍克”、“诺斯罗普”等中、高级教练机。抗日战争爆发后，中央航空学校不断遭受侵华日军空袭，迁往昆明，洛阳、广州分校迁往柳州，与原广西航空学校合并为中央航空学校柳州分校。1939年3月，中央航空学校改称空军军官学校。1943年，将初级班训练迁往印度进行，中、高级班训练在美国进行。1945年3月，该校迁往印度。9月迁回杭州笕桥。1948年，迁至台湾冈山。（马毓福）



中央航空学校校址

Zhongyang Hangkongban

中央航空班 (Central Aviation Course) 见国民政府中央航空学校。

Jianqiao Hangkong Xuexiao

笕桥航空学校 (Jianqiao Aviation School) 见国民政府中央航空学校。

Guomin Zhengfu Kongjun Junguan Xuexiao

国民政府空军军官学校 (Air Force Academy of the National Government) 见国民政府中央航空学校。

Guomin Zhengfu Kongjun Jixie Xuexiao

国民政府空军机械学校 (Air Force Mechanical School of the National Government) 国民党政府培养航空机务人才的学校。1936年3月，在南昌成立航空机械学校，钱昌祚任校长。1937年8月，大部分迁至成都，一部分迁至重庆广阳坝。1938年11月，改为空军机械学校，蒋介石兼任校长。主要是培养空军机械军官、军士。先后开办有军械指导班、高中级机械班、机务指导研究班、夜航灯光班、技工班、机械军士训练班、

飞行军士机械教育训练班，学制1～2年。毕业学员分配到空军所属部队、学校和工厂工作。至1939年7月，共训练23个班次，毕业学员2 460余人。1948年冬，该校迁至台湾冈山。

（田　莉）

Guomin Zhengfu Kongjun Fangkong Xuexiao

国民政府空军防空学校 (Air Defense School of the National Government)　国民党政府空军培养各类防空专业人才的学校。1931年“九一八”事变后，侵华日军飞机不断对中国领土进行轰炸，国民党政府为加强防空力量，决定组建防空教育机构。1933年11月，国民党政府航空署在杭州开办第1期高射炮队学员班和防空研究班。1934年1月，两个训练班在杭州笕桥合并为防空学校，徐培根任校长。先后设高射炮队、军士训练队、人民防空研究班、防空情报训练班、防空器材班等10余个专业培训班次，学制3个月至1年。1935年12月，该校迁至南京。抗日战争爆发后，迁至贵阳。抗战期间，防空学校担负教育训练和指挥调度全国防空部队作战的双重任务。1947年冬迁至北平(今北京)。1948年冬，改称空军防空学校。1933～1948年，共开办各类专业训练班200多期，培养各类人员2万余名。1949年初，该校迁至台湾花莲。

（田　莉）

Guomin Zhengfu Kongjun Canmou Xuexiao

国民政府空军参谋学校 (Air Force Command and Staff School of the National Government)　国民党政府培养空军指挥、参谋人员的学校。1939年7月，国民政府军事委员会航空委员会开始筹建高级指挥与参谋人员训练班。1940年6月，招收第1期47名学员。12月，空军参谋学校在四川成都成立，隶属于航空委员会，蒋介石兼任校长，周至柔任教育长。培训空军上校及少将级指挥与参谋军官，后扩大到空军上尉以上军官。主要课程有参谋业务、人事、情报、作战、图上作业等，学制6～9个月。1939～1949年，共培养学员8期。1949年，该校迁至台湾东港。

（田　莉）

Guomin Zhengfu Kongjun Younian Xuexiao

国民政府空军幼年学校 (Air Force Junior School of the National Government)　国民党政府培养空军预备飞行人员的学校。1939年初，白崇禧、周至柔、张治中等借鉴国外从少年开始培养飞行人员的做法，向国民政府军事委员会建议创办空军幼年学校。1940年8月21日，空军幼年学校在四川灌县成立，蒋介石兼任校长，汪强任教育长。学员选自12～15岁高小毕业生，学制6年。学习普通中学课程和进行军事教育、滑翔训练。符合飞行人员标准的学员再被选入航空学校学习。1949年初，改为空军预备学校，迁往成都太平寺。1940～1949年，该校共开办6期，毕业学员1 059人。1949年6月，该校迁往台湾东港。　（田　莉）

Guomin Zhengfu Kongjun Tongxin Xuexiao

国民政府空军通信学校 (Air Force Communication School of the National Government)　国民党政府培养空军通信专业人才的学校。1936年底，国民政府航空委员会为满足空军通信业务的需要，在中央航空学校附设通信训练班，班址设在杭州梅东高桥。1937年8月，通信训练班直属航空委员会，迁至南昌。至1938年9月停办，共培养空军通信人员150名。1941年春，通信训练班在成都成平街恢复。1944年1月，在成都太平寺改编为空军通信学校，蒋介石兼任校长，吴礼任教育长。开设正科班、军士班及高级机务班，学制1～2年，教学内容分有线电和无线电两类。抗日战争胜利后，将教学班调整为高级班、正科班、初级班、候补通信军官班，分别招收大学物理系和电机系毕业生、高中毕业生、初中毕业生、空军现役通信军士。每个班次分无线电组、有线电组和通信组。此外，还设有雷达、陆空战斗联络两个专业训练组。1948年底，该校迁往台湾冈山，改名为空军通信电子学校。

（田　莉）

Guomin Zhengfu Kongjun Junshi Xuexiao

国民政府空军军士学校 (Air Force Sergeant School of the National Government) 国民党政府培养空军飞行军士的学校。1937年底，为抗日作战需要，国民政府航空委员会决定迅速筹建空军军士学校，培养飞行军士。1938年10月，空军军士学校在成都成立，蒋介石兼任校长，刘炯光任教育长。学员从部队和地方中学毕业生中招收，学制12个月，分初、中、高级班，每级训练时间4个月。后学制延长至15个月，每个学员飞行时间50小时。1943年冬，该校并入空军军官学校。

（田　莉）

中国近代空军(航空)事件

zaoqi fuou xuexi de zhongguo feixingyuan

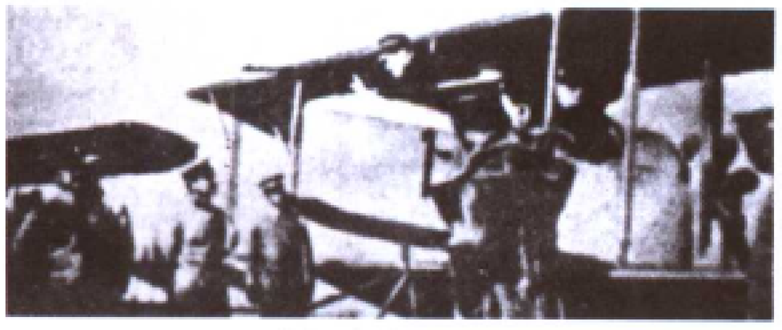
早期赴欧学习的中国飞行员 (Chinese students of early period who learned flight in Europe)　1909年3月，经清政府军咨府批准，在英国伦敦纳生布敦工业学校毕业的厉汝燕官费进入英国白立斯飞机制造厂及该厂飞行学校学习，毕业后经英国皇家航空俱乐部考试合格，取得国际飞行协会证书。这是中国第一个经政府批准在国外学习飞行的留学生。同期，清政府还从赴法留学生中选送秦国镛、潘世忠、鲍丙辰、张绍程、姚锡九等人，进入法国兰斯特伯多生飞行学校学习飞行。他们毕业回国后，致力于引进技术、培养航空人才、研制飞机等，成为中国航空事业的先驱，为中国的航空事业作出了贡献。　（马毓福）

Sun Zhongshan Chuangban Junshi Hangkong

孙中山创办军事航空 (Sun Yat-Sen's founding work of military aviation)　孙中山为实现国民革命目标创办并发展军事航空事业的活动。见孙中山航空救国思想。

Qiangche Feiji

“枪车”飞机 (*Gun Vehicle*, aircraft) 中国制造的第一架带武器的飞机。1914年，北洋政府南苑航空学校飞行教官兼修理厂厂长潘世忠，利用外国80匹马力



“枪车”飞机

航空发动机，自行设计、制造机首装有1挺机关枪的推进式(发动机装在后面)飞机，并试飞成功，被命名为“枪车”。

（马毓福）

Leshiwen Hao Feiji

“乐士文”号飞机 (*Rosmonde*, aircraft) 以宋庆龄英文学名Rosmonde译音命名的飞机。1923年，广东革命政府航空局局长兼飞机制造厂厂长杨仙逸，组织工程技术人员与聘请的2名美国工程师一起在广州大沙头设计制造飞机。6月，制成第一架飞机。该机为木质结构，配有钢质流线型支架，采用悬臂式机翼，设有外部支撑杆，双座双翼，装有1台90匹马力美制寇蒂斯发动机，时速约120千米，可携带4枚25千克炸弹。7月8日，孙中山及夫人宋庆龄参加在广州大沙头机场举行的试飞典礼。为支持和激励中国人自行设计和制造飞机，宋庆龄亲自登机，与试飞员黄光锐同机在广州上空飞行两圈，顺利完成试飞任务。孙中山接受在场群众提议，以宋庆龄在美国读书时的英文学名译音“乐士文”为该机命名。“乐士文”号飞机曾参加攻打桂系军阀陈炯明部战斗。1921年10月，大沙头飞机库失火，该飞机焚毁。

（田 莉）



孙中山、宋庆龄在“乐士文”号飞机前留影

Zhonghua Minguo minjian hangkong zuzhi

中华民国民间航空组织 (civilian aviation organizations of the Republic of China) 1925～1945年，中国各地成立的民间航空组织。1923年，孙中山提出“航空救国”的思想。1925年，广东成立航空同志会，会员发展到2 000多人。1927年11月，南京成立航空同志会。12月，河南成立航空协进会。1928年，广州、南京、河南的航空组织代表在南京开会，决定将各地民间航空组织合并，成立中华航空协进会，总部设在南京，各地成立特别区分会。1931年“九一八”事变后，湖南、福建建立航空救国会，广州建立民众防空会，湖北建立国民空军创立会，广西建立防空委员会，山东建立民众救国飞机募款委员会。这些航空组织普及航空知识、宣传“航空救国”思想，对中国的航空事业建设发展起到积极作用。

（马毓福）



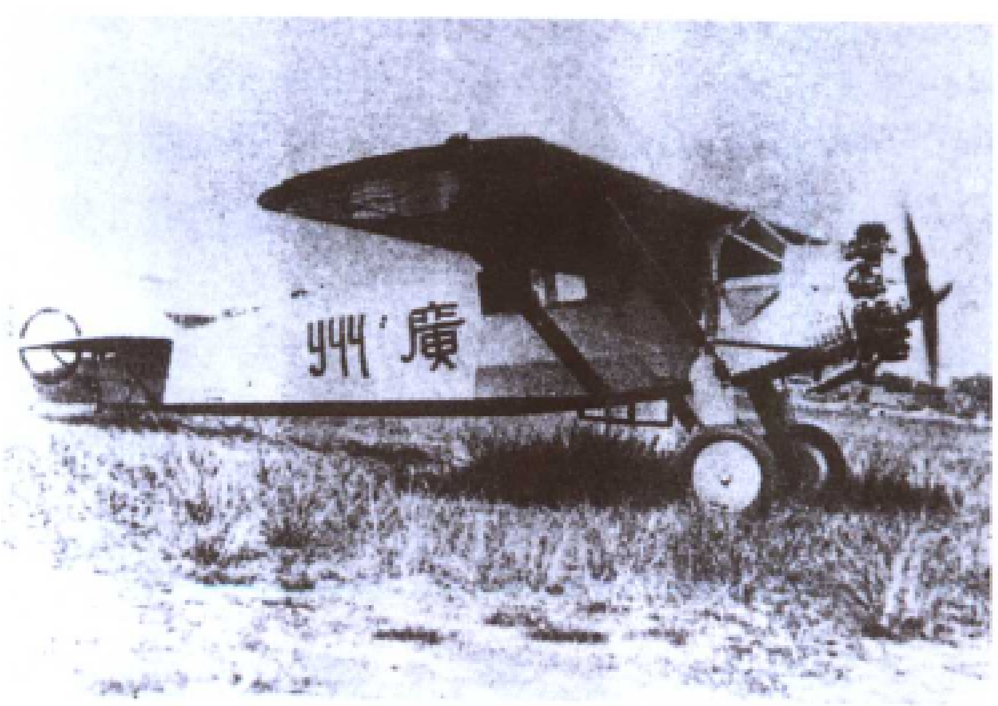
“珠江”号飞机

Zhongguo Feixingyuan Shouci Guonei Changtu Feixing

中国飞行员首次国内长途飞行 (First Long Range Domestic Flight by Chinese Pilots) 1928年11月，广东国民政府国民革命军第8路军航空处为宣传航空的作用，提高民众对发展航空事业的认识和兴趣，组织的第一次国内长途飞行。11日8时15分，航空处处长张惠长、第2飞机队队长杨官宇、航空学校教育长黄毓沛、机械师杨标组成的机组，驾驶美制“莱茵”式飞机“广州”号从广州大沙头机场起飞，14时30分抵达第1站武昌南湖机场，空中飞行6小时，约800千米。之后，途经南京、北平(今北京)、奉天(今沈阳)、天津等地，12月4 日飞抵上海。17日9时，携带纪念长途飞行的邮件从上海途经南昌返航，18日14时20分安全降落于广州大沙头机场。全程约5 250千米，空中飞行总计49小时。沿途受到各地政府和民众热烈欢迎。

1928年12月8日，航空处副处长陈庆云等驾驶美制“莱茵”式水上飞机“珠江”号从广州大沙头水上机场起飞，经汕头、福州、杭州、宁波直抵上海。在与“广州”号会合后，20日由上海起飞，经汉口、长沙、桂林、梧州，30日14时飞返广州大沙头水上机场，全程3 560千米。这两架飞机长途飞行，是在飞机没有通信及导航设备、沿途机场航行保证设施极其简陋的情况下进行的，在中国航空史上首创长途飞行纪录。

（田 莉）



“广州”号飞机

Zhongguo Feixingyuan Shouci Zhouji Feixing

中国飞行员首次洲际飞行 (First International Flight by Chinese Pilots) 1929年，中国飞行员陈文麟在德国汉堡飞机学校毕业后，受国际上成功进行洲际长途飞行的影响，受中华民国海军部委托专程到英国购买了阿弗罗公司生产的英国“阿维安”式飞机1架。3月13日，陈文麟驾驶该机从英国出发，经德国、比利时、法国、希腊、波斯(今伊朗)、印度、暹罗(今泰国)、安南(今越



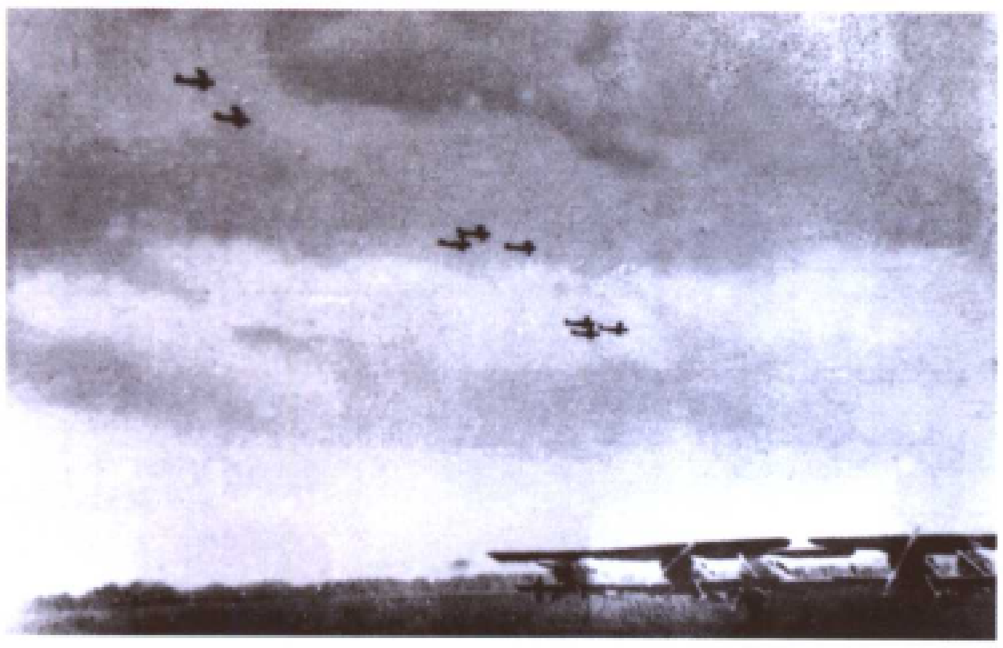
陈文麟洲际飞行

南)等国，于5月12日飞抵中国厦门，受到各界人士的热烈欢迎。此次飞行航程1.5万千米。陈文麟是中国首次成功完成洲际长途飞行的飞行员。

(马毓福)

Zhongguo Di-yi Ci Kongzhong Yuebing

中国第一次空中阅兵 (First Air Review in China) 1933年10月10日，广东国民政府为展示空军发展建设成果，在广州瘦狗岭机场出动各型飞机42架，举行空中阅兵和表演。首先由18架“霍克”式飞机组成两个9机编队，通过检阅台接受检阅。随即进行单机和多机特技、多机编队、航空照相侦察、陆空联络及跳伞等表演。其中，由广东东山飞机制造厂自制的4架“羊城号”轻型轰炸机，进行了高度300米模拟轰炸表演。广西航空处处长林伟成率代表团28人，赴穗观看阅兵并驾驶12架



广东空军进行空中检阅

飞机进行飞行表演。空中阅兵和飞行表演受到广东民众的赞扬，这是中国第一次大规模空中阅兵。

(马毓福)

Guomin Zhengfu Faxing Hangkong Jiangquan

国民政府发行航空奖券 (Issue of Aviation Bonds by the National Government) 1932～1933年，国民



航空奖券

党政府为筹措航空建设经费发行的奖券。1932年“一二八”空战后，中国飞行员英勇抗击侵华日军的事迹鼓舞了广大民众，旅居菲律宾、美国等地华侨出资购买飞机，支援中国军队抵抗日军。在爱国华侨影响下，国内厂商、民众也踊跃捐款购买飞机，支援抗战。9月，国民党政府为筹措航空建设经费，利用民众爱国热情发行有奖航空奖券。第1期奖券募集40多万元。1933年1月，公开发售“航空公路建设奖券”(简称“航空奖券”)，由于奖金较高，购买的人非常多。第1期奖券开奖后，改为每月1期，前后共发行30期，筹资约1亿元。但用于航空事业的只有45万元，其中扩建上海海军制造飞机处用去15万元，扩建上海龙华机场用去30万元。发行“航空奖券”本意是为航空建设筹措资金，实际成了国民党政府搜刮民间钱财的一种手段。 (马毓福)

Guomin Zhengfu Kongjunjie

国民政府空军节 (Air Force Day of the National Government) 抗日战争时期，国民政府为纪念1937年8月14日空战胜利而确定的空军节日。见“八一四”空战。

Guangdong Kongjun Beifei

广东空军北飞 (Guangdong Air Force Turning towards Nanking Government) 1936年7月，广东空军人员反对内战，驾机归顺南京国民党政府的行动。1936年4月，国民党元老胡汉民病逝广州。蒋介石趁机宣布取消国民党中央委员会西南执行部和国民政府西南政务委员会。为对抗蒋介石的决定，陈济棠、李宗仁、白崇禧宣布成立两广军事委员会，陈济棠任主任，并以督促抗日为名，集中30万兵力开进湖南、江西，企图夺取南京国民党政府政权。史称“两广事变”。蒋介石调集重兵进驻湘、赣，逼近两广，同时对陈济棠内部进行收买和分化。当时，广东空军成员多数反对内战。7月2日，广东空军飞行员黄振纲、谭卓励、陈崇文、罗承业、马维栋、黎廷萱等在从化机场驾驶4架“道格拉斯”式轰炸机，黄居谷、岑泽鎏、蔡志昌在天河机场驾驶3架“波音”驱逐机飞往南昌投蒋。10日，南京方面出动3架“诺斯罗普”式飞机，飞临广州上空撒传单，发动政治攻势，使广东空军人心浮动。15日，广东空军司令黄光锐召集全体人员训话，暗示将脱离陈济棠“北飞”。18日，黄光锐、胡汉贤、陈卓林分乘3架教练机飞往香港，再转南京；其他飞行人员驾71架飞机“北上”，除1架起飞时失速坠地，其余飞机先在韶关机场降落，随后飞抵南昌。陈济棠得悉广东空军人员北飞投蒋后，乘英国舰艇离开广州去香港，并宣告下野。

(马毓福)

Jianguo Hao Qiyi

“建国”号起义 (*“Jianguo”*, Uprising of Aircraft) 1945年8月20日，周致和等驾驶“建国”号飞机飞向延安的起义行动。1940年4月20日，汪精卫在日本侵略军占领下的南京成立伪中央政府。1941年设立“国府专机班”，有“建国”号等3架运输机。1945年8月15日，日本天皇宣布无条件投降，汪伪政府垮台。20日，汪伪航校少校飞行教官周致和(起义后改名蔡云翔，下同)、少尉飞行员黄哲夫(于飞)、赵乃强(张华)驾驶“建国”号飞机，从江苏扬州飞抵延安。空勤机械士沈时槐(陈明秋)、黄文星(田杰)、少尉飞行员管序东(顾青)随机参加起义。

这是第一架起义投奔中国共产党的飞机。由于这架飞机是8月20日起义的，编为“820”号。28日，毛泽东、周恩来接见了机组人员。参与这次起义的还有汪伪政府航空处主任白景丰(又名白起)少将、空军参赞何健生上校、飞行教官吉翔、机械士陈静山以及国民党空军第8大队轰炸员秦传家等人，在中国共产党地下组织帮助下，从陆路到达苏北解放区。

（马毓福）

Kang Ri Zhanzheng shiqi guoji dui Hua junshi hangkong yuanzhu

抗日战争时期国际对华军事航空援助 (international military aviatic aids to China during the War of Resistance against Japan) 1937年1月～1945年8月，苏联、美国、法国、荷兰等国家向中国提供的军事航空援助。抗日战争初期，中国空军飞机战损率很高，苏联政府向中国提供飞机等武器装备，并派空军志愿队来华帮助抗战。1937～1939年，苏联政府向中国提供1 235架飞机，以及发动机、航空弹药、油料和航空器材等。1938年至1940年5月，苏联空军志愿队共在华作战50余次，击落侵华日军飞机81架，炸毁日机114架(含中国飞行员共同战果)，炸毁日军舰船14艘。1941年初，苏联空军志愿队回国参加卫国战争。

1941年7月23日，美国批准中国政府用租借拨款购买100架P－40B型飞机，并由中国政府出资在美国高薪招募110名飞行员和150名机械师。中国政府将这批飞机和人员交给时任中国航空委员会顾问的C.L.陈纳德，由他组建美国志愿航空队。1941年12月～1942年7月，美国志愿航空队共参战百余次，击落、炸毁侵华日军飞机297架，被击落、炸毁飞机51架。1942年7月4日，美国志愿航空队并入美国陆军第10航空队，对外称美国驻华航空特遣队。1943年3月10日，美国驻华航空特遣队扩编为美国陆军第14航空队。此外，还有法国、荷兰等国空地勤人员来华援助中国抗击日本侵略者。

（马毓福）

Sulian Kongjun Zhiyuandui

苏联空军志愿队 (Volunteer Group of Soviet Air Force) 抗日战争时期，苏联空军志愿人员组成的援华抗日航空部队。根据1937年8月21日签订的《中苏互不侵犯条约》，应中国政府请求，1937年11月至1941年下半年，苏联政府分批派遣空地勤人员2 000余人来华参加抗日战争。每批在华时间一般不超过半年。兵力最多时达8个机队，每个机队编有20～80架飞机，中心基地在汉口和南昌机场，后移驻兰州、重庆、成都等机场。

苏联空军志愿队直接参加对侵华日军作战，抗击日机对南京、南昌、武汉、成都、重庆等重要城市的空袭，并多次轰炸侵华日军占领的机场、码头、渡口、车站及其集结的部队、武器装备。1938年，在保卫武汉的历次空战中，与中国空军共同抗击来袭日机，共击落日机48架，击伤9架。1938年1月，出动26架轰炸机空袭南京大校场机场，炸毁日机48架。2月23日，Ф.П.波雷宁率28架轰炸机空袭台北松山机场，炸毁日机40架并烧毁大量燃油。1939年2月20日，志愿队出动40架飞机，拦截日军空袭兰州的30架轰炸机，击落日机9架，日军机组人员63人毙命。同年夏，Г.А.库里申科先后3次率轰炸机空袭日占武汉机场，炸毁日军飞机136架。苏联空军志愿队的作战行动，有力地打击了侵华日军。此外，苏联空军志愿人员还在新疆和甘肃帮助中国建立航空供应站和飞机修配厂，开办航空训练基地。苏联空军志愿队14人被授予“苏联英雄”称号，400多人荣获苏联各种勋章和奖章，217人牺牲。1941年初，苏联空军志愿队回国参加卫国战争，其武器装备等移交中国空军。



苏联空军志愿队飞行员

（田　莉）

Meiguo Zhiyuan Hangkongdui

美国志愿航空队 (U.S. Volunteer Air Force) 抗日战争期间，美国志愿人员组成的援华抗日航空部队。又称“飞虎队”。

1940年11月，中国政府请求美国对中国空军提供支援。1941年4月15日，美国政府允许其陆、海军退役及预备役航空人员参加非官方机构组建的美国志愿航空队，以中国政府雇佣的志愿人员名义赴中国参战。8月1日，美国志愿航空队在缅甸成立，由美陆军航空队退役军官、中国航空委员会顾问C.L.陈纳德任指挥官，下辖3个战斗机中队，装备P－40型飞机，归中国空军指挥。12月20日，美国志愿航空队与侵华日军飞机在昆明东南50千米的宜良上空进行首次交战，击落侵华日军轰炸机9架，取得初战胜利。1941年12月～1942年7月，美国志愿航空队参战百余次，击落、炸毁日机297架，被日机击落、炸毁飞机51架。1942年7月4日，美国志愿航空队并入美国陆军第10航空队，脱离中国空军指挥，对外称美国驻华



美国志愿航空队人员合影

航空特遣队，仍由陈纳德担任指挥官。1943 年 3 月 10 日，美国驻华航空特遣队扩编为陆军第 14 航空队。

(田 莉)

Feihu Dui

飞虎队 (Flying Tiger Group) 见美国志愿航空队。

Zhu Hua HangKong Teqiandui

驻华航空特遣队 (Air Force Task Group Stationed in China) 见美国志愿航空队。

Zhong-Mei Kongjun Hunhetuan

中美空军混合团 (Sino-American Air Force Mixed Regiment) 抗日战争期间，中国和美国共同编成的空中作战部队。又称“中美空军混合联队”。1943年6月，中国航空委员会顾问C.L.陈纳德建议，抽调中国空军适量部队与美国在华航空队一部合编为混合团。蒋介石采纳这一建议。8月，中国空军第1、第3、第5大队被派往印度接受新机型改装训练。10月1日，与美国陆军航空队部分人员混编的“中美空军混合团司令部”在广西桂林成立。所属部队原番号、编制不变。从混合团司令到中队长各级指挥官，均由中美双方各派一人担任，混合团第一任司令中方张廷孟上校、美方摩尔斯上校。该团属中国空军序列，作战指挥由陈纳德负责。至1944年夏，主要装备B－25型轰炸机60架，P-40、P-43、P-47、P-51等型战斗机100余架。团司令部移驻重庆白市驿，美军的3个大队分别驻桂林、赣州、遂川等地，中国空军的3个大队分别驻梁山、汉中、老河口、恩施、芷江等地。中美空军混合团成立3个月，即战斗出动24次，击落侵华日军飞机41架，炸毁23架，炸沉日军舰船5艘。1945年9月，该团撤销。

(马毓福)

Guomindang Kongjun renyuan jiaji qiyi

国民党空军人员驾机起义 (Kuomintang Air Force Personnel's Uprising Flights) 1946年4月～1949年9月，国民党空军有55名飞行人员(含随机起义者)共驾驶20架飞机起义，投向中国共产党。

国民党空军驾机起义人员统计表

起义时间	单位	机型	数架	人员姓名及职衔	起飞机场	降落地点
1946.4.20	第9地区司令部	L－5	1	上尉飞行联络官王延洲	徐州	河北清河
1946.6.26	8大队	B－24	1	上尉飞行参谋刘善本 上尉飞行员张受益 空勤机械士唐世耀 空勤通信士唐玉文 准尉台长李荣琛 中尉台长何辉庭 少尉台长江焕章	成都	延安
1948.9.23	4大队 23中队	P－51	1	上尉分队长杨培光	北平	四平
1948.12.16	8大队 33中队	B－24	1	中尉飞行员俞渤、 郝桂桥、陈九英 中尉领航员周作舟、张祖礼	南京	石家庄
1948.12.29	4大队	P－51	1	中尉飞行员谭汉洲	青岛	沈阳
1949.1.3	空军官校	C－46	1	上尉飞行教官谢派芬 中尉飞行教官蒋声翰 机工长李葆华、 田维初、荀富贵	杭州	郑州
1949.1.12	空军官校	L－5	1	上尉副官高平(原名高金铮)	杭州	安徽宿县
1949.1.14	3大队 28中队	P－51	1	中尉飞行员阎磊(原名阎成荫)	南京	济南
1949.1.15	20大队 11中队	C－46	1	中尉飞行员刘焕统、 邹耀坤、宋宏儒	青岛	沈阳
1949.1.27	空军官校	PT－17	1	飞行生周正(原名周梦龙)	杭州	合肥
1949.1.27	空军官校	PT－17	1	飞行生李延森	杭州	合肥
1949.2.3	8大队 13中队	B－24	1	中尉飞行员张雨农、 任永荣、黄友寿 中尉射击员黄文刚	上海	北平
1949.2.19	10大队	C－46	1	中尉飞行员徐骏英 少尉飞行员魏雄英 少尉领航员张镭 少尉通信员赵昌燕	上海	济南
1949.2.22	10大队	C－46	1	中尉飞行员杨宝庆	西安	唐山
1949.3.7	1大队 空军官校	蚊式	1	中尉飞行员王玉珂 上尉副中队长刘继广 中尉飞行教官禹庆荣	上海	石家庄
1949.3.7	10大队	C－47	1	中尉飞行员唐宛体 中尉通信员李学冕 机工长彭树新	汉口	赤峰
1949.4.7	1大队 9中队	B－25	1	中尉飞行员梁惠福 少尉排长黄琪玲、王亚蒙	汉口	郑州
1949.4.9	10大队	C－46	1	中尉飞行员刁光第 中尉领航员沈济世 少尉军械官于振超 少尉通信员王凡 机工长罗锡令、宋永信 少尉机械员徐迈	上海	济南
1949.4.17	8、20大队	C－46	1	上尉分队长杜道时 中尉机械员郝子仪	新竹	徐州
1949.6.15	11大队 41中队	P－47	1	上尉作战参谋毛履武	南郑	安阳

(马毓福)

Liu Shanben Jiaji Qiyi

刘善本驾机起义 (Liu Shanben's Uprising Flight) 1946年6月26日，国民党空军上尉飞行参谋刘善本驾机投奔中国共产党中央所在地延安的行动。1935年，刘善本考入国民党中央航空学校，1938年底毕业分配到国民政府空军轰炸总队第6中队，1940年调到第8大队。1943年，在美国接受B－24型轰炸机改装训练。1945年



驾机起义的刘善本机组

5月，受训结束，途经今巴基斯坦卡拉奇待命，后被急召回国参加内战。刘善本不愿参加内战，决心飞往延安。1946年6月26日，刘善本利用执行由成都飞往昆明运送通信器材任务的机会，驾驶B－24型轰炸机飞到延安。随同起义人员有：第8大队上尉飞行员张受益、空勤机械士唐世耀、空勤通信士唐玉文，通信学校准尉台长李荣琛，防空部队中尉台长何辉庭，防空情报电台少尉台长江焕章。29日，延安举行欢迎大会，毛泽东、朱德对他们的正义行动给予高度评价。 （马毓福）

Zhu Yunnan Guomindang Kongjun Qiyi

驻云南国民党空军起义 (Uprising of Kuomintang Air Force Stationed in Yunnan) 1949年12月9日，国民党云南省政府主席卢汉宣布起义。驻云南国民党空军人员加入到起义军行列，成立起义军空军指挥机构—昆明机场司令部。当时有9架C－46型运输机和几架教练机。12日，国民党第8军和第26军进攻昆明。为配合起义军地面部队作战，昆明机场司令部出动“弗力特”式、AT－6型教练机飞往大板桥、小石坝、干海子等地侦察，投撒传单，号召国民党官兵弃暗投明。为防止国民党空军袭击昆明，起义军使用C－46型运输机轰炸蒙自、沾益、西昌机场，使国民党空军飞机不能在这些机场降落。1950年2月20日，昆明解放。7月30日，昆明机场司令部改编为中国人民解放军云南军区航空站。 （马毓福）

Guomindang Kongjun Chewang Taiwan

国民党空军撤往台湾 (Withdrawal of Kuomintang Air Force to Taiwan) 1948年下半年，国民党军队在败局已定的情况下，将空军部队、学校和工厂逐步由大陆撤往台湾。国民党空军第1、第3、第4、第5、第8、第10、第11、第20大队和独立第12中队，分别撤往松山、台南、屏东、嘉义、桃园、新竹、台中等机场。空军幼年学校、空军参谋学校迁至东港，空军通信学校、空军机械学校、空军军官学校迁至冈山。航空研究院迁至台中。大定发动机厂迁至台中清水镇。空军伞兵司令部迁驻屏东。1950年4月29日，国民党空军海南指挥部所辖各型飞机45架，从三亚机场撤到台湾。撤往台湾的国民党空军官兵共约4.5万人、飞机330架。

（康 凯）

Taiwan Dangju Kongjun

台湾当局空军 (Air Force of the Taiwan Authorities) 台湾当局军事力量的组成部分。主要由20世纪40年代末从中国大陆撤往台湾省的国民党空军演变而成。

体制编制　台湾当局空军由飞行部队、战管部队、防炮部队、警卫部队、勤务部队及机关、学校、工厂组成。空军总司令部为最高领率机关。下设：①空军作战司令部。驻台北，是空军作战指挥系统的核心，辖战术管制联队、通信航管联队和气象联队等。②空军训练司令部。驻冈山，负责统一制定空军所属学校教育训练计划，并组织各学校具体实施。③空军后勤司令部。驻台南，辖4个后勤指挥部，负责装备、物资补给、修护、储存和运输。④空军防炮警卫司令部。驻桃园，辖北部、中部、南部和东部防警指挥部，主要担负空军基地和要地防空作战与警卫任务。⑤空军政治作战部。台空军联队以上单位设政治作战部。⑥飞行部队。台空军飞行部队实行联队、大队、中队和分队4级编组。每个飞行联队驻1个基地，辖飞行大队、修护补给大队和基地勤务大队。⑦战管部队。战术管制联队，担负对空警戒和指挥引导任务，实行战管联队、管制报告中心、管制报告中队、报告分队4级编组。⑧防空导弹部队。属陆军建制，归空军指挥，实行防空导弹指挥部、防空导弹群、防空导弹营、防空导弹连4级编组。2004年4月，台湾成立导弹司令部，统一管辖原分属陆军、海军、空军的防空导弹和地对地(舰)导弹部队。

武器装备　台湾当局空军在20世纪50年代初装备螺旋桨飞机，50年代中期改用喷气式飞机，90年代通过自行研制、对外采购、合作开发等途径大幅度换装新型飞机。至2001年，拥有各型飞机720余架，其中作战飞机570架，包括“幻影”2000－5型战斗机58架、F－16A/B型战斗机146架、IDF型战斗机128架、F－5E/F型战斗机200架、AT－3型攻击机22架、RF－5E型侦察机8架、E－2T型空中预警机4架、EC－130H及EC－47型电子战飞机4架；运输机37架；直升机41架；教练机78架。机载武器有AIM－4D、AIM－9J/F、R550等型空空导弹和AGM－65A型空地导弹。

兵力部署　至2002年，台湾当局空军编制总员额5.6万人。飞行部队编7个飞行联队、2个基地指挥部和1所学校。第1联队辖1个战术战斗机大队，编有3个中队，驻台南基地；第2联队辖1个战术战斗机大队，编有3个中队，驻新竹基地；第3联队辖1个战术战斗机大队，编有3个中队，驻清泉岗基地；第4联队辖1个战术战斗机大队，编有4个中队，并辖空军救护机队，驻嘉义基地；第5联队辖1个战术战斗机大队，编有3个中队，并辖1个独立侦察机中队，驻花莲基地；第6联队辖1个运输机大队，编有3个中队，并辖1个预警电子战机队，驻屏东基地；第7联队辖1个战术战斗机大



F－16战斗机



IDF 战斗机



E－2T 空中预警机

队，编有2个中队，并辖空军战术训练中心及所属假想敌中队，驻台东基地；桃园基地指挥部辖1个战术战斗机大队，编有2个中队，并辖1个战术侦察机中队；松山基地指挥部辖空军专机队；空军军官学校驻冈山基地。战术管制部队编有1个战术管制联队，辖1个空中管制中心、4个管制报告中心、5个管制报告中队和5个报告分队。空中管制中心驻台北，4个管制报告中心分别驻台北、新竹、澎湖和花莲，5个管制报告中队分别驻金门、东引、台中、高雄和屏东，5个报告分队分别驻石门、鹅銮鼻、三貂角、金门和台东。防空炮兵部队主要部署在指挥机构、空军基地、港口、雷达站和防空导弹阵地附近。

机场建设　20世纪50～60年代，台湾当局空军重点新建马公前进基地和清泉岗战略基地，扩建台湾岛西海岸主要基地。70年代后，加紧台湾岛东部地区战场建设，扩建台东、花莲基地，新建可容纳200架飞机的佳山基地洞库。至2001年，台、澎、金、马地区共有各类机场50余个，其中空军基地12个，即清泉岗、新竹、桃园、嘉义、台南、花莲、佳山、台东、屏东、冈山、松山和马公基地。

军事训练　台湾当局空军的军事训练分为学校教育、部队训练、改装训练和战术训练4类。学校教育由空军训练司令部统一计划安排，各学校具体实施。部队训练、改装训练和战术训练由空军总司令部统一规划，各单位分别组织实施。①学校教育由“国防大学”空军指挥参谋学院、空军军官学校、空军航空技术学校和空军中正预备学校担任。空军军官学校主要培养空军飞行员；空军航空技术学校负责培养空军各类专业军官、士官；空军中正预备学校原名空军幼年学校，主要任务为空军军官学校和空军航空技术学校预训学员。②飞行部队训练分为基础训练和专精训练。空军军官学校毕业生和换飞新机种、新机型的飞行员，必须进行基础训练，时间8个月。飞行员年均飞行180小时。③在改装装备、接收新机时，通常先选派少量人员接受改装训练，培养教官，而后以飞行中队为单位进行理论学习和空中飞行训练，时间一般为半年。④战术训练在台东基地空军战术训练中心进行。空军战术训练中心负责空军战斗机部队战术专精训练，进行战法研究，利用空战演练仪系统，实施各项战术演练。

发展趋势　按台湾当局“空军精实案”，总员额减至4.6万人。空军军官学校飞行毕业生服役期由8年延长到14年。引进RF－16型侦察机，增购E－2T型预警机，采购中型运输机和直升机。装备远程预警雷达、新型防空雷达，改进“强网”系统，构建北、中、南自动化区域作战管制中心。改进现役机型，延长其服役年限，加强战术训练，提高第三代战斗机空战能力。　　（康有信　丁文东）

中国近代空军战史

Kongzhong Zhencha Menggu Panjun

空中侦察蒙古叛军　(Mongolian Rebelling Troops, Air Reconnaissance of)　1913年冬，北洋政府派飞机对蒙古叛军的空中侦察行动。蒙古叛军在俄国支持煽动下，先后占据锡林郭勒盟、昭乌达盟北部、多伦和张家口以北的广大地区，影响中国北方局势稳定和国家统一。北洋政府调张家口驻军卢永祥部第10师迅速进兵征讨，同时命参谋本部派飞机前往助战。南苑航空学校奉命派修理厂厂长潘世忠、学员吴经文驾驶“高德隆”式双翼教练机随同陆军作战。该机共出动两次，第一次从张北起飞，对蒙古叛军驻地进行侦察；第二次从托罗盖起飞，为地面部队追剿叛军提供空中侦察情报。这是中国首次将飞机运用于实战。

（田　莉）

Hongzha Bailang Qiyijun

轰炸白朗起义军　(Bailang Uprising Troops, Bombardment of)　1914年，北洋政府派飞机对白朗起义军进行的轰炸行动。1912年夏，河南宝丰人白朗为反对官府和地主豪绅的剥削压迫，在家乡组织农民武装起义。至1914年，发展到2万余人，声势渐大，对北洋政府的统治构成威胁。袁世凯派陆军总长段祺瑞兼任河南都督，率约3万北洋政府军围剿起义军，同时派飞机配合其行动。由南苑航空学校修理厂厂长潘世忠等人驾驶“高德隆”式飞机1架，随段祺瑞军飞往河南进行侦察和轰炸。后由南苑航空学校组成飞机大队，由校长秦国镛任大队长，率厉汝燕、章斌、关庚泉等驾驶4架飞机赴陕西各地实施侦察、轰炸。这是中国战争史上首次空中轰炸作战行动。

（田　莉）

Beiyang Zhengfu Hangkongdui Ru-Chuan-Ru-Xiang Zuozhan

北洋政府航空队入川入湘作战　(Air Operations in Sichuan and Hunan by Beiyang Government Aviation Group)　1916年，北洋政府派飞机参加镇压护国军的作战行动。1915年12月12日，袁世凯正式宣布实行帝制，遭到全国反对。25日，蔡锷、唐继尧等宣布云南独立，组织护国军讨伐袁世凯，1916年进入四川。袁世凯令南苑航空学校组成两支航空队参加对护国军的作战，每队配备2架“高德隆”式教练机。第1队，由王鹗任队长，1916年1月，配合曹锟第1路军经鄂入川，驻重庆，后进至綦江、泸州等地。第2队，由章斌任队长，2月，随张怀芝第2路军经赣入湘，在麻阳一带活动。参战飞机主要遂行空中侦察任务。

（田　莉）

Hongzha Qinggong

轰炸清宫 (Forbidden City, Boming of the) 1917年7月，北洋政府总理段祺瑞派飞机轰炸北京清宫的行动。5月23日，驻守徐州曾任清朝江苏巡抚兼两江总督、南洋大臣张勋率4千余名"辫子军"进京，阴谋策划复辟帝制。7月1日，张勋等拥戴清朝废帝溥仪复位，引起全国民众强烈声讨。2日，段祺瑞乘机组成"讨逆军"，从天津分3路进京讨伐张勋，并命令南苑航空学校临时改为航空司令部，由秦国镛、王鹗负责指挥。11日，秦国镛、姚锡九、鲍丙辰各驾驶1架"高德隆"式飞机，对丰台"辫子军"阵地、张勋南河沿住宅及清宫进行轰炸。共投弹3枚，一枚落在隆宗门外，炸伤轿夫1名；一枚落在御花园，炸坏水池一角；一枚落在西长安街福隆门，未炸。这次轰炸行动对"辫子军"起到一定威慑作用。

（田 莉）

Lincheng Jiean Kongzhong Xingdong

"临城劫案"空中行动 (Lincheng Hijacking, Air Action in) 1923年5月6日凌晨2时半，山东孙美瑶率众匪在津浦线临城(今山东薛城)至沙沟车站之间拦截一列火车，将其中27名外籍旅客劫持。美国人罗斯因反抗被当场杀死，其他人被劫往抱犊崮，以谋取赎金。史称"临城劫案"。北洋政府命山东督军田中玉采取"以剿促抚"的办法，派兵包围抱犊崮，双方多次谈判未果。26日，田中玉请求北洋政府派飞机助势。北洋政府命令南苑航空学校蒋逵为临城剿匪航空队队长，与曹明志、伊赞周、金巨堂、陈海华等飞行员驾驶2架"阿费罗"式飞机飞往临城。同时，命令保定航空司令部派邓建中、沈德燮等也率机前往。飞机在抱犊崮上空作威胁性飞行和投撒传单。6月2日，孙美瑶被迫与官方恢复谈判，接受招抚，释放人质。

（田 莉）

Jiang-Zhe Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

江浙战争空中作战 (Jiangsu and Zhejiang, Air Operations in the War between) 1924年秋，直系军阀控制的北洋政府指使江苏督军齐燮元、福建督军孙传芳进攻皖系军阀浙江督军卢永祥，史称"江浙战争"，亦称"齐卢战争"。直系北京政府令南苑航空学校组成中央临时航空队，由蒋逵任队长，率4架"维梅"式飞机，赴江苏协助齐燮元作战。中央临时航空队驻苏州，与江苏航空队组成统一指挥部，由原南苑航空教练所所长鲍丙辰任指挥官，联合对卢永祥军作战。9月17日，战争在昆山、青浦一带进行，齐军飞机连日出动，对卢军阵地进行侦察、轰炸，使卢军锐气大减。10月12日，卢永祥部因腹背受敌，军无斗志，卢宣布下野，出走日本。

（马毓福）

Yuan-Min-Yue Jun Taofa Mo Rongxin Kongzhong Zuozhan

援闽粤军讨伐莫荣新空中作战 (Air Operations in the Crusading against Mo Rongxin by the Guangdong Troops in Support of Fujian Province) 1920年10月～11月，孙中山领导的广东军政府援闽粤军讨伐桂系军阀莫荣新部队的空中作战行动。1917年9月，孙中山在广州就任护法军政府大元帅。后来，护法军政府为桂、滇军阀及其附庸政学会所控制。1918年6月，孙中山辞职离粤赴沪，军政府大权操在桂系军阀广东护法督军莫荣新手中。1920年8月，援闽粤军回师讨伐莫荣新。援闽粤军飞机队队长陈应权率队随军南下作战，沿途轰炸莫荣新的部队，掩护地面部队向广州推进。9月26日，援闽粤军飞机队总指挥杨仙逸率张惠长、陈庆云等驾机由虎门起飞，夜袭莫荣新广州观音山(今越秀山)的督军公署。督军公署中弹起火，地面部队随即发起猛攻，莫荣新退出广州，通电辞职，向江西一带撤退。10月下旬，桂军宣布撤销军政府。11月25日，孙中山由上海回到广州，重新组织军政府。

（马毓福）

Hongzha Chen Jiongming Panjun

轰炸陈炯明叛军 (Chen Jiongming's Rebelling Troops, Bombardment of) 1923年10月～11月，孙中山领导的广东军政府对陈炯明率领的叛军实施空中打击的作战行动。1922年2月，孙中山下令北伐。6月，留守广州的军政府内务部长兼陆军部长陈炯明发动武装叛乱，陈炯明自任粤军总司令。孙中山组织部队讨伐陈炯明叛军。1923年10月，军政府航空局派黄光锐、黄秉衡、杨官宇、胡锦雅驾机，轮番轰炸陈炯明部阵地，配合地面部队收复河源、博罗等地。陈炯明率部败退惠州。11月，陈炯明再次围攻广州，孙中山指挥部队进行反击，航空队黄光锐、林伟成等奉命驾机轰炸、扫射陈炯明叛军，配合地面部队作战，叛军败逃。

（马毓福）

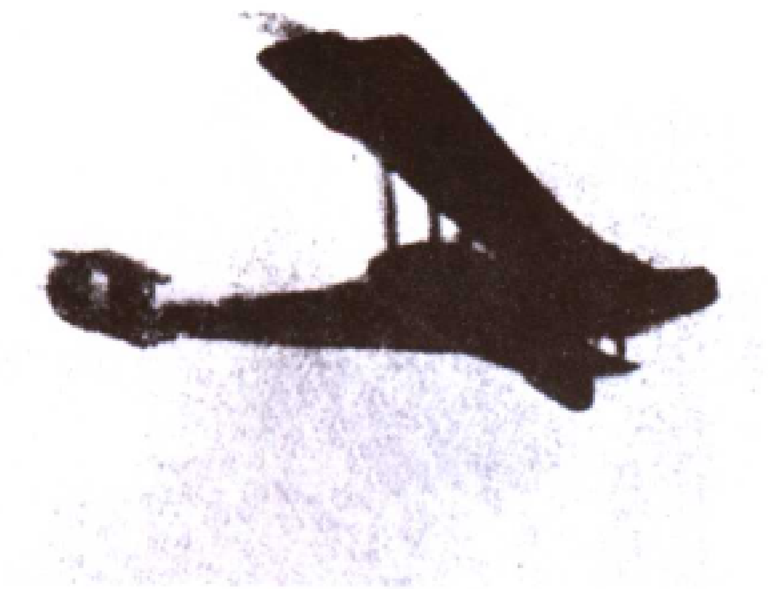
Beifajun Hangkongdui Kongzhong Zuozhan

北伐军航空队空中作战 (Air Operations of the Northern Expeditionary Army Aviation Group) 1926年7月～1927年8月，国民革命军在北伐战争中的空中作战行动。1926年7月9日，国民革命军出师北伐直系军阀吴佩孚、孙传芳和奉系军阀张作霖。国民革命军组成北伐军航空队，随北伐军作战。航空处处长林伟成兼任队长，装备有"地海威兰"式飞机13架，"容克斯"式水上飞机1架。8月初，黄秉衡率航空队3架飞机，随北伐军进驻衡阳，对直系军阀部队进行侦察，协助北伐军攻克长沙，并掩护陆军夺取汉阳、汉口。直军利用武昌城垣固守待援。9月8日，北伐军航空队飞机从长沙、广州到武昌南湖助战。10月10日，北伐军占领武昌。北伐军转战江西时，航空队的飞机被派往高安、南昌一带协助陆军攻克直军阵地，还对九江、南昌等地实施空中侦察和轰炸。11月7日，北伐军攻克南昌。1927年初，云南航空学校校长刘沛泉潜入孙传芳在上海的航空队策反成功，北伐军顺利接收孙传芳的飞机、器材及人员。1927年3月，国民革命军东路军航空司令部在上海成立，刘沛泉任司令，有飞机10余架。5月，在南京成立国民革命军总司令部航空处和两个航空队。8月，孙传芳3个师占领南京栖霞山、龙潭车站，切断沪宁交通线，国民革命军与其展开激烈战斗，航空队对孙军轮番轰炸，国民革命军获胜。

（马毓福）

Di-yi Ci Zhi-Feng Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第一次直奉战争空中作战 (Air Operations in the First War between Zhili and Fengtian Warlords) 1922年4～6月，直系、奉系军阀为争夺北洋政府控制权，在京津地区作战中的空中作战行动。直


直军“京汉”号飞机

皖战争后，直、奉两系军阀共同控制北洋政府，为了争权夺利，各自培植势力，使矛盾激化，酿成第一次直奉战争。奉军张作霖为总司令，组织3个师、10个旅、3个骑兵旅，约12万人；直军吴佩孚为总司令，组织7个师、5个旅，约10万人，在京津地区展开激战。双方航空队参加作战。开战初期，直军由邓建中、赵步墀、周致勘机组驾驶“京汉”号“亨德利·佩治”式飞机，携带200磅炸弹，对长辛店奉军物资基地、仓库、车辆等实施轰炸。奉军航空队只派“爱弗罗”式飞机对京保线及大城县一带进行侦察。5月3日傍晚，直军派2架飞机轰炸长辛店奉军两路军指挥部，总指挥张景惠跑到丰台镇躲避，在直军的攻击下，奉军两路军全线崩溃。6月17日，第一次直奉战争结束，直系军阀独揽北洋政权，奉系军阀张作霖撤出关内。

(孙继文)

Di-er Ci Zhi-Feng Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第二次直奉战争空中作战 (Air Operations in the Second War between Zhili and Fengtian Warlords) 1924年9～11月，直系、奉系军阀为争夺北洋政府控制权和扩大各自势力，在热河(今分别属河北、辽宁、内蒙古)、直隶(约今河北)东部作战中的空中作战行动。第一次直奉战争后，奉系军阀张作霖接受教训，加强军事航空建设。战前，奉军已有“飞龙”、“飞虎”、“飞鹰”3支航空队，有侦察机、轰炸机和水上飞机50余架。陆上飞机以锦州为前进基地，水上飞机以葫芦岛为基地。直系军阀有中央航空司令部第1、第2、第3航空队及南苑航校编成的预备航空队，还有直系控制的河南、江苏、江西等省的飞机队近百架飞机。航空基地主要在北京附近。武器装备、地理条件，奉系较直系占有优势。战争爆发后，双方均使用飞机进行侦察、轰炸和运输。奉军飞机每日飞往山海关、秦皇岛、朝阳一带侦察和轰炸。10月19日，奉军派“飞鹰”队队长伊里布驾驶“亨得利·佩治”式飞机，带1枚500磅炸弹轰炸山海关直军阵地。奉军航空队还经常低空对直军轰炸，给直军造成一定伤亡。直军航空队飞机在奉军高射炮威胁下，侦察和轰炸行动受到制约。11月3日，第二次直奉战争结束。这是中国军阀混战史上规模最大的一次飞机参战。

(孙继文)

Nankou Zuozhan Kongzhong Zhaoxiang Zhencha

南口作战空中照相侦察 (Nankou Battle, Aerial Photographic Reconnaissance in the) 1926年7月，奉系军队与冯玉祥国民军在北京南口作战中空中照相侦察行动。1926年初，奉系军阀张作霖和直系军阀吴佩孚联合向冯玉祥的国民军发动进攻。7月，奉军向南口大举进攻。17日9时，奉军“飞鹰”航空队飞行教官田忭和飞行员佟明伦驾驶“高德隆”式飞机对南口实施空中照相侦察，查明国民军兵力部署、火力配置、工事构筑等重要情况。这是中国战争史上第一次空中照相侦察。 (孙继文)

Zhengzhou zhi Zhan Fengjun Kongzhong Zuozhan

郑州之战奉军空中作战 (Air Operations in the Battle of Zhengzhou by Fengtian Warlord's Army) 1927年，奉系军阀航空队在郑州对直军作战中的空中作战行动。1926年12月，奉系军阀张作霖为消灭直系军阀残部，令奉军南下，进攻冀、豫两省的直军。奉军“飞鹰”航空队对直军进行侦察、轰炸。1927年2月22日，奉军先头部队占领开封，直指郑州。3月11日，奉军在“飞鹰队”的掩护下，渡过黄河，13日占领中牟，随即派飞机轰炸郑州直军。16日，奉军3架飞机在郑州机场突然降落，将直军飞机、器材和油料全部缴获。奉军飞机以郑州机场为基地，对直军靳云鹏部作战。此次作战，奉军出动30余架飞机支援地面部队作战，轰炸直军指挥机关、后勤仓库、运输线等，对打败直军起到了一定作用。郑州之战中，奉军损伤飞机7架，伤亡飞行人员7名。

(孙继文)

Zhuozhou zhi Zhan Kongzhong Zuozhan

涿州之战空中作战 (Zhuozhou, Air Operatons in the Battle of) 1927年10月，奉系军阀航空队在河北涿州之战中的空中作战行动。为争夺势力范围，1927年9月，山西军阀阎锡山的晋军分两路进攻奉军。其中，对北京威胁最大的是占领涿州的晋军第4师师长傅作义率领的挺进军。该部经常派兵出没于北京周围的密云、古北口、门头沟等地。10月15日，张作霖下令进攻涿州，将“飞龙”、“飞虎”航空队调至保定协同“飞鹰”航空队参战。对涿州城进行侦察、轰炸和投撒传单。奉军的“飞鹰”、“飞虎”航空队每天出动2～3架飞机对晋军骑兵队进行侦察、轰炸。使晋军骑兵队在1个多月时间里难以行动。1928年1月12日，涿州城由奉军占领。

(孙继文)

Jiang-Gui Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

蒋桂战争空中作战 (Chiang Kai-shek and Guangxi Warlords, Air Operations in the War between) 1929年2～6月，蒋介石控制的南京国民党政府军与李宗仁指挥的桂系军队在湖北、广西、广东等省作战中的空中作战行动。1929年3月26日，蒋介石下令讨伐桂系军队，出兵湖南、湖北。航空队侦察、袭击湖南、湖北桂系军队。4月5日，航空队进驻汉口机场，然后飞往荆河口、仙桃镇一带进行侦察、轰炸。随后，又对湖南衡阳、广西梧州进行轰炸。6月，桂系军阀战败，李宗仁、白崇禧等逃往台湾。 (孙继文)

Jiang-Feng-Yan Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

蒋冯阎战争空中作战 (Chiang Kai-shek's War against Feng Yuxiang and Yan Xishan, Air Operations in) 1930年4～11月，蒋介石同冯玉祥、阎锡山等，在河南、山东、安徽、湖北、湖南等地区进行的大规模军阀混战中的空中作战行动。作战中，蒋介石政府航空署派出7个航空

队分别进驻徐州、济南以及襄樊地区，令广东空军第2航空队赴兖州、归德(今商丘)、漯河等地。参战的60多架飞机中，有从美国购进的“道格拉斯”式可携带120磅炸弹的轰炸机、“柯塞”式侦察、轰炸机。战争在陇海、平汉、津浦等铁路沿线展开。在陇海路方面，蒋军派第2、第4航空队驻徐州，第3航空队驻蚌埠。4月1日起，对驻守在亳州、马牧集、鹿邑、归德、兰封、考城等地冯玉祥的西北军阵地进行侦察、轰炸。5月23日，第4航空队与阎锡山的晋军飞机空战，飞行员曾泽堂击伤晋军飞机1架。6月3日，第4航空队4架飞机袭击了北戴河地区冯部骑兵师。6月4日，第3航空队3架飞机对许昌进行轰炸，炸死冯部豫鄂前线总指挥樊钟秀。为阻止冯、阎部队调动，4～10月，多次轰炸黄河大桥和冯、阎的渡河部队。9月11日，蒋军发起全线总攻，各航空队对冯、阎部阵地、车站、桥梁、渡口、车队等军事目标进行轰炸。11月下旬，蒋军获胜，战争结束。

(孙继文)

Fujian Shibian Kongzhong Zuozhan

福建事变空中作战 (Fujian Incident, Air Operations in) 1933年11月～1934年2月，福建事变中的空中作战行动。1933年11月22日，福建省政府主席蒋光鼐、国民党第19路军总指挥蔡廷锴联合爱国将领李济深、陈铭枢等在福州宣布抗日反蒋，组成中华共和国人民革命政府。史称“福建事变”。事变发生后，蒋介石调兵15万人闽镇压，并令中央航空学校组成侦察、轰炸、驱逐3个航空队到福建参战。蒋军飞机在福州上空投撒劝告书。又从南昌、玉山和江山等机场出动飞机对第19路军阵地进行轰炸、扫射。12月中旬开始，国民党政府空军第1、第2航空队对第19路军驻闽赣边境团村、德胜关及樟树、横村等地进行低空轰炸、扫射。1934年1月20日，航空队4架驱逐机进驻厦门，轰炸漳州、泉州等地。21日，又出动10多架飞机轰炸延平，支援地面部队向第19路军守地九峰山猛攻，第19路军丢失守地全线撤退。2月下旬，第19路军被蒋介石收编，福建事变结束。

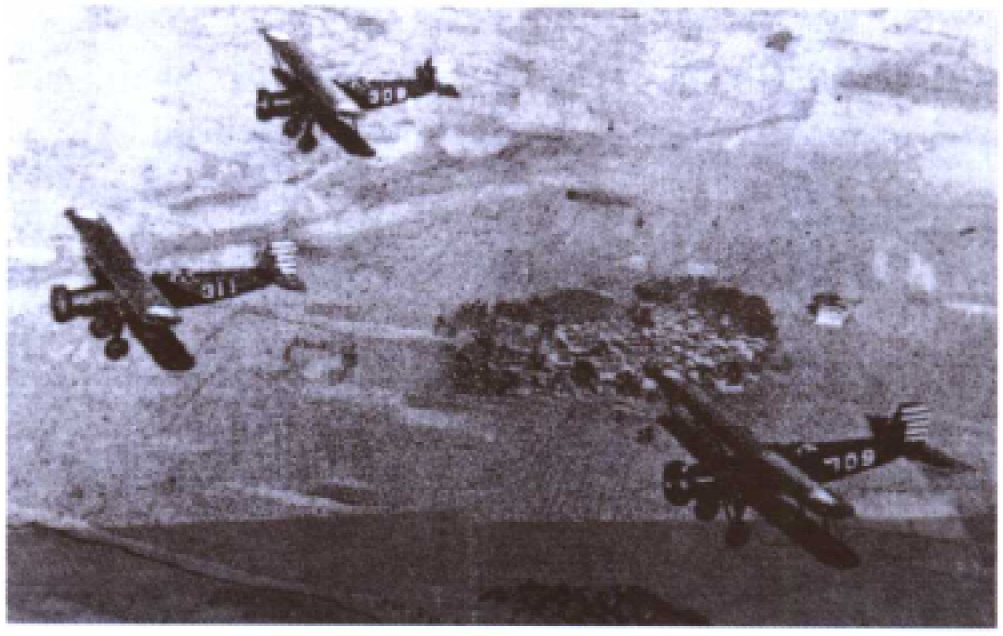
(孙继文)



参与镇压“福建事变“的中央航空学校飞机队

Guomindangjun Feiji Xirao Zhongyang Hongjun

国民党军飞机袭扰中央红军 (Harassing Air Attacks on the Central Red Army by Kuomintang Forces) 1930年12月～1934年10月，国民党军对中国工农红军江西中央革命根据地进行5次大规模“围剿”中的空中作战行动。第一、第二次“围剿”中，派出第1、第3、第5航空队近30架“柯塞”式和“道格拉斯”式飞机，进入江西侦察、轰炸，支援地面部队作战；第三次“围剿”中，增加第4、第7航空队，并派2架运输机担任运输任务；第四次“围剿”中，由第3、第4航空队出动18架侦察机和轰炸机，配合地面部队作战；第五次“围剿”中，第1、第2、第3、第4、第5航空队51架飞机参战。另外，蒋介石令广东6个航空队54架飞机协助作战，使参加第5次“围剿”作战的飞机达105架，对红军阵地、医院等进行轰炸和扫射，红军用机枪击落由分队长张维藩驾驶的飞机，机组人员全部毙命。在5次“围剿”中，国民党军共出动飞机4 170余架次，使中国工农红军及根据地人民的生命财产受到很大损失，红3军军长黄公略遭空袭牺牲。中国工农红军在无防空兵器的情况下，用轻武器击落国民党军飞机7架，13名飞行员毙命。



轰炸红军根据地的国民党军飞机

(孙继文)

Yi-erba Kangzhan Kongzhong Zuozhan

“一二八”抗战空中作战 (“January28” Battle of Resistance, Air Combats in the) 1932年1月28日～3月3日，中国航空队抗击侵华日军进犯上海的空中作战行动。1932年1月28日晚，侵华日军以僧侣被中国人殴打为借口，突袭上海闸北。第19路军将领蒋光鼐、蔡廷锴，指挥军民奋起抵抗。2月初，中国航空队第2队队长石邦潘率飞机9架，从南京飞赴上海助战，广东航空队飞抵南昌，中国参战飞机总数32架。

2月5日，中国航空队第6分队队长朱达先(印度人)率4架飞机，与6架侵华日军飞机在上海虹桥上空激战。朱达先驾驶的飞机受伤，返回机场，朱因伤势过重牺牲。20日，援华抗战的美国志愿飞行员肖特驾驶波音-218(P-12E)式飞机从上海飞往南京时，与3架日机遭遇，击伤日机2架。22日，肖特驾机由上海飞往苏州途中，与6架侵华日军舰载攻击机遭遇，肖特立即向日机发起进攻，将少谷大尉的飞机击落。这是日本海军在侵华空战中被击落的第1架飞机。担任掩护的日军飞机轮翻向肖特攻击，肖特驾驶的飞机中弹坠毁于苏州吴县境内，肖特牺牲，年仅27岁。为表彰肖特援华抗战而英勇献身的功绩，国民政府特追授其上尉军衔，在苏州市肖特飞机坠毁处建了一个3米高的华表，在苏州公园内立“赠上尉美国肖特义士碑”，在上海虹桥机场建造肖特之墓。26日，侵华日军15架飞机空袭杭州乔司机场，中国航空队飞机起飞迎战，空战中，1架日军飞机被击中，坠落钱塘江中。中国飞行员赵明甫与日机交战中胸部中弹，飞机迫降，赵抢救无效牺牲。石邦藩空



肖特之墓

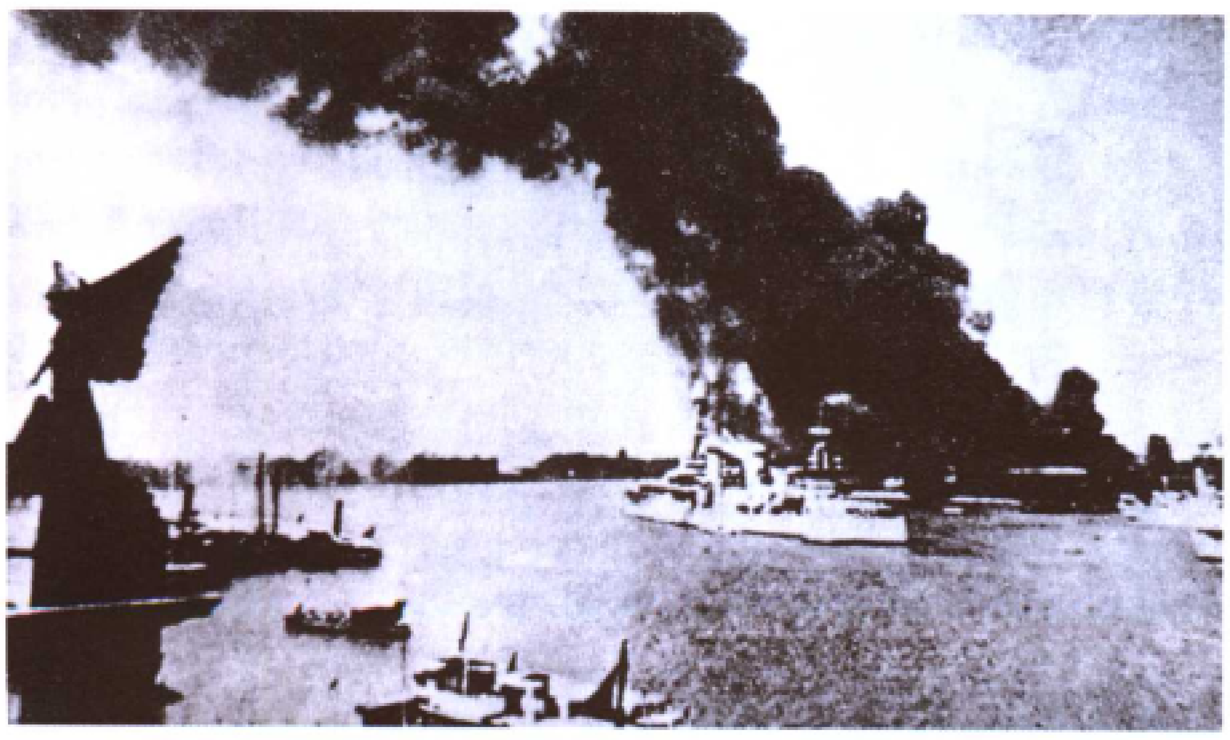
战受伤截去左臂，继续在空军服役，被誉为“独臂将军”。 （孙继文）

Kang Ri Zhanzheng shiqi Zhongguo Kongjun zuozhan

抗日战争时期中国空军作战 (operations of Chinese Air Force during the War of Resistance against Japan) 1937年7月～1945年9月，中国空军同侵华日军进行的空中作战行动。抗日战争全面爆发前，中国空军有9个大队31个中队，装备各型作战飞机305架。主要机型有霍克－Ⅰ、霍克－Ⅱ、霍克－Ⅲ、“诺斯罗普”、SB－Z、JB－10、“道格拉斯”等。部署于信阳、西安、蚌埠、南昌、苏州、扬州等机场。1937年8月13日，淞沪战役打响，空军紧急将驻华北地区的第4、第2大队调至华东笕桥、广德、长兴机场，将驻南昌的第8大队调至大校场机场参加作战。当时，侵华日军航空队有各型飞机约850架，其中陆军航空队约300架，海军航空队约550架，航空母舰5艘。主要机型有92、95、96、97、98、99式等。中国空军兵力数量与飞机战术技术性能都明显劣于侵华日军航空队。

中国空军在8年抗击侵华日军的空中作战中，经历了艰难曲折的过程。淞沪会战开始后，中国空军集中兵力打击侵略军，进行较大规模的空袭、反空袭作战，一方面组织兵力对日军指挥机构、日占机场、码头、海上舰船进行轰炸突击，一方面出动战斗机与日机空战，迟滞日地面军队进攻速度，开战一个半月即击落日机79架。但终因寡不敌众，损失巨大，至10月底，中国空军作战飞机已不足百架。1938年春，苏联援华的伊－15型、伊－16型飞机陆续运抵中国，空军实力逐步恢复。同时，苏联空军志愿队4个轰炸、驱逐机大队来华参加抗日作战。1938年4～12月，中国空军和苏联空军志愿队联合作战，共击落、炸毁日机249架。1941～1945年，中国接受美国等国援助，获得P－40、P－43、P－66、P－51和B－25等型飞机1 466架及大批航空武器弹药，培训出大批飞行和维修技术人员，中国空军的装备明显改善，飞行员技术战术水平有较大提高。美国志愿航空队和中美混合团协同作战，接连取得胜利，中国抗日战场空中作战形势出现转机，制空权逐渐被中国空军掌握。

抗日战争期间，中国空军抗击侵华日军空中作战行动主要有3种样式：①抗击日机空袭。这是抗日空中作战的主要样式。抗日战争初、中期，日军飞机的空中袭击频繁，中国空军反空袭出动量大，空战激烈。1937年8月14日，中国空军飞行员与来袭日机在笕桥上空进行首次空战。8月15日、16日，日军轰炸机近百架，在战斗机掩护下空袭杭州、嘉兴、南京等地机场，中国空军第3、第4、第5、第9大队全力抗击，击落日机43架，重创日军鹿屋、木更津航空队。其后，中国空军抗击日机空中袭击的空战行动不断，较大规模的空战有武汉空战、兰州空战、梁山空战等。中国空军在反空袭作战中给日军航空队以沉重打击，空战中击落日军航空队“四大天王”，即陆军航空队的三轮宽少佐、海军航空队的山下七郎大尉、潮田良平大尉和南乡茂章大尉，其中3人毙命，1人被俘。②主动进行轰炸。中国空军对侵华日军占领的机场，不断进行轰炸、扫射，消灭有生力量，炸毁日军飞机、航空弹药、油料，破坏其机场及地面设施。抗战前5年，即炸毁日军飞机672架。还空袭日占台湾松山机场、越南嘉林机场，出动轰炸机携带宣传品对日本本土进行“纸片轰炸”。③支援地面部队作战。淞沪会战开始，中国空军出动大批飞机向日军指挥机构、舰船、码头等进行空中突击。1937年9月18日，为配合地面部队抗击日军进犯，中国空军出动24架飞机夜袭上海日军阵地。在徐州、武汉、豫中、鄂西、长衡、桂柳、常德等会战中，空军都参加对地支援作战，出动大量飞机对日占交通枢纽、桥梁、仓库、部队集结地等进行轰炸、扫射。其中仅豫中会战，中国空军自1944年4月22日～8月22日，共出动驱逐机达1 646架次、轰炸机272架次，对郑州、汉口等地日占机场、黄河大桥、日军集结地等连续突击，炸毁日机79架、军车70余台。


中国空军飞机轰炸上海黄浦江上的日军军舰

抗日战争中，中国空军与装备精良的侵华日军航空队进行顽强作战，先后在苏联空军志愿队、美国志愿航空队、中美空军混合团以及美军第14航空队的配合下，给予日军以沉重打击。共作战4 072次，出动飞机18 509架次，投弹715吨，击落日机568架、击伤110架，炸毁日机627架、炸伤120架，炸毁舰船281艘，重创航空母舰1艘，炸毁炸伤日军坦克和军车8 456辆。己方损失飞机2 468架，牺牲空、地勤人员4 321名。不少飞行员取得优异战绩，柳哲生击落日机11架，王光复、谭鲲、袁葆康、高又新各击落8架，周志开、周庭芳各击落6架。涌现出许多抗日英雄，如高志航、李桂丹、刘粹刚、沈崇海、阎海文、乐以琴、陈怀民等。

（王德华）

Ba-yisi Kongzhan

“八一四”空战 (August14 Air Combat on) 1937年8月14日，中国空军抗击侵华日军空袭杭州笕桥机场的空中作战。又称“笕桥空战”。13日，日军以重兵向

上海发动进攻，淞沪会战开始。国民政府军事委员会下令，将驻河南周家口的空军第4驱逐机大队调往杭州，加强淞沪地区的防空力量。

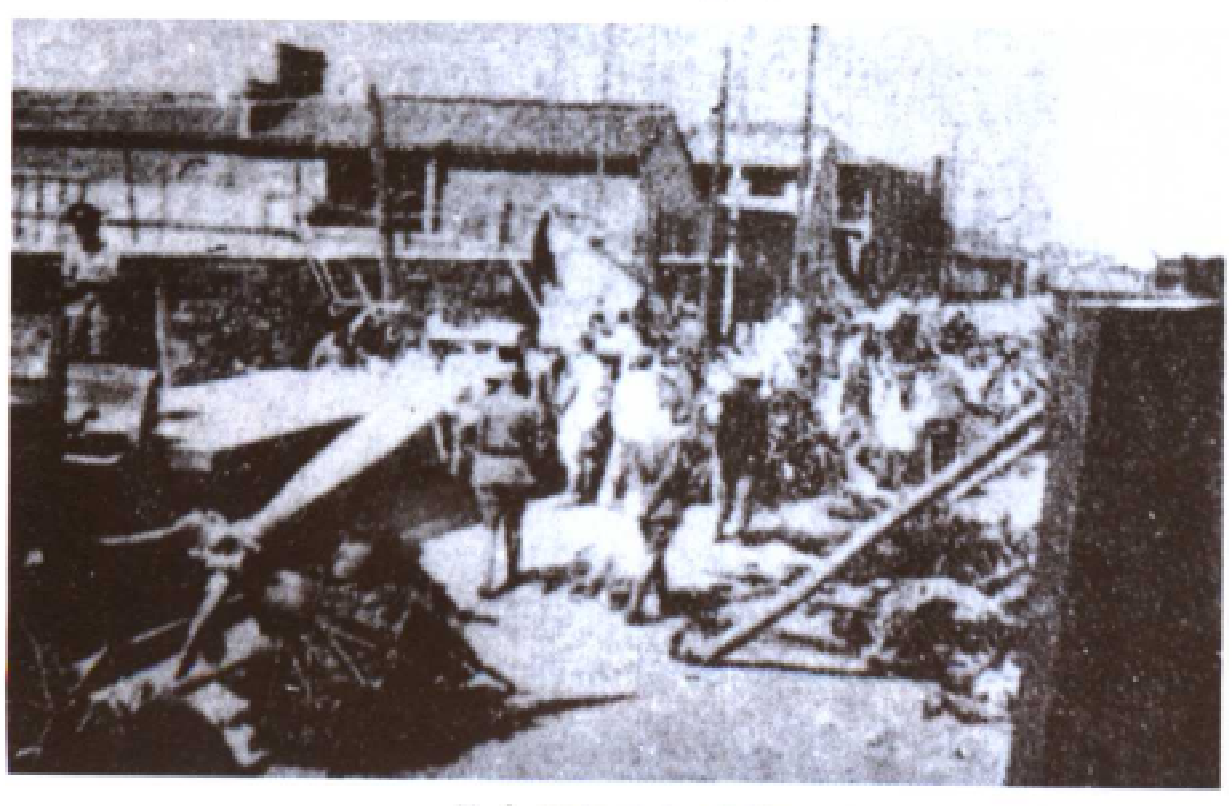
14日下午，第4驱逐机大队27架霍克－Ⅲ型战斗机飞抵笕桥机场，还未加油，便遭日机空袭。大队长高志航即率队升空，同日机展开空战。高志航在分队长谭文的配合下，迅速逼近1架日机，两次开火，将其击落。随后高志航又发现3架日机，迅速占据有利位置瞄准攻击，又击落日机1架。同时，第21中队中队长李桂丹等人也发现2架日机，经连续攻击，击落、击伤各1架。空战当天，气象复杂，日机为逃避中国空军飞机的攻击，在云层中上下机动，中国空军飞行员英勇机智，穷追不舍，经过30分钟激战，取得击落日机3架、击伤1架的战果，中国空军无一损伤。

此次空战是中国进行全面抗战后，空军飞行员抗击侵华日军空中袭击的第一次空战。首战获胜，极大地鼓舞了中国军民的抗日斗志，增强了战胜侵略者的信心。为纪念首次空战胜利，国民政府将8月14日定为“空军节”。

（王德华　孙继文）



“八一四”空战



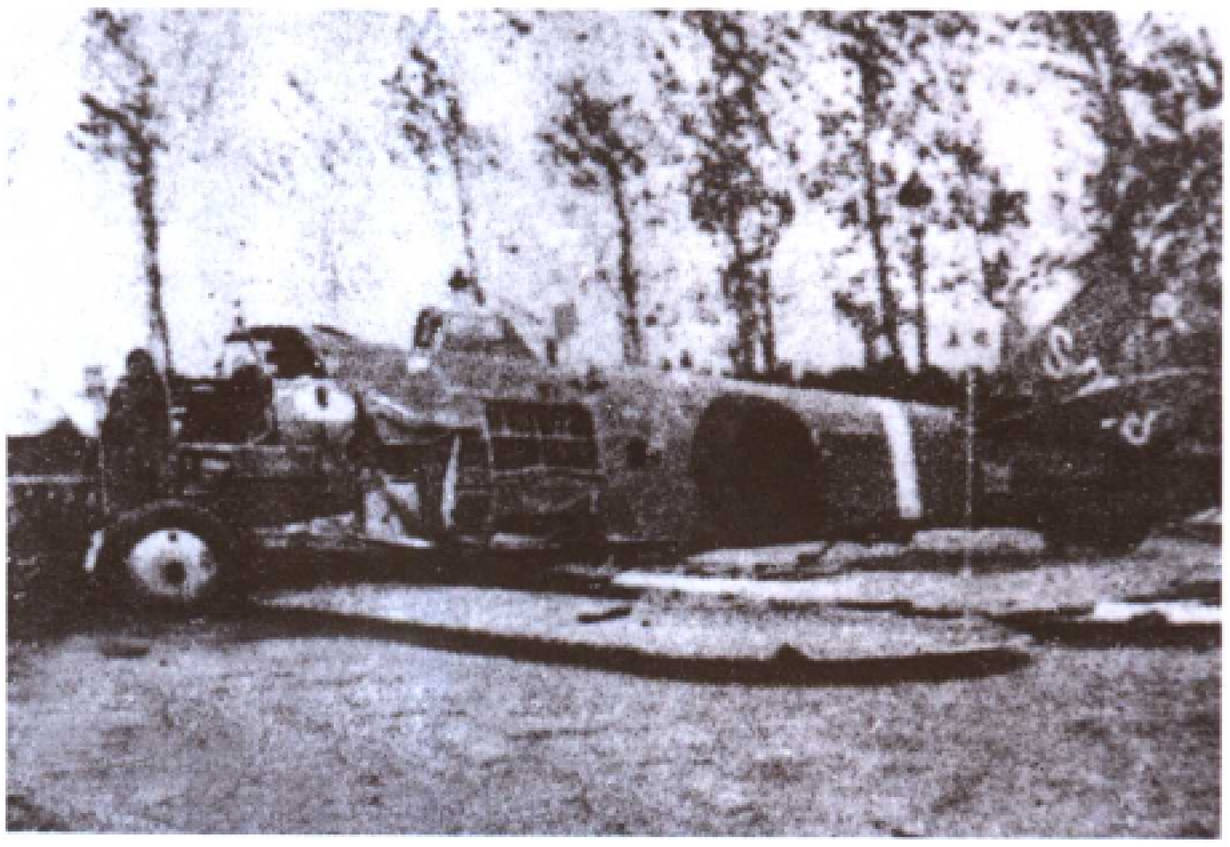
被击落的日机残骸

Wuhan Kongzhan

武汉空战 (Wuhan, Air Combats over)
1938年，中国空军抗击侵华日军空袭武汉的空中作战行动。1938年春开始，日军航空队对武汉地区机场等军事设施连续进行大规模空袭，企图摧毁中国空军抵抗力量，夺取制空权。

2月18日12时，日本海军第1联合舰队航空队15架攻击机，第2联合舰队11架战斗机掩护12架重型轰炸机空袭武汉。中国空军第4大队19架伊－15型、10架伊－16型战斗机分别从汉口、孝感机场起飞拦截日机。12时45分，第21中队10架伊－16型战斗机从汉口机场起飞，上升至2 000米高度，在机场西北与日军12架轰炸机、10余架战斗机遭遇。经过激烈空战，共击落日机10架、击伤2架。中国空军损失飞机5架、伤5架，第4大队代理大队长李桂丹、第23中队中队长吕基淳、飞行员巴清正、王怡、李鹏翔牺牲。

4月29日，日军39架飞机偷袭武汉。中国空军从被击落日军侦察机飞行员的日记本中获此情报，预有准备，集中67架飞机迎战。14时30分，当日机进入武汉上空时，中国空军第3、第4、第5大队和苏联空军志愿队飞机已占据有利高度，向日机发起攻击。经过30分钟激战，击落日机21架，日军飞行人员50人丧生，2名被俘。中、苏空军共损失飞机12架，牺牲飞行员5名。空战中，飞行员陈怀民击落1架日机后，被日机围攻，飞机多处中弹，仍驾机向1架日机撞去，与日机同归于尽。



被击落的日机残骸在武汉公园展览

5月31日，日军18架轰炸机在36架战斗机掩护下再次空袭武汉。中国空军和苏联空军志愿队出动41架飞机拦截，击落日机14架，中方损失飞机2架。苏联飞行员古宾柯击落1架日机后，子弹打完，将1架日机撞毁，自己驾驶受伤的飞机安全返回机场。中国空军在保卫武汉的空战中，连战皆胜，打击了日军的嚣张气焰，鼓舞了中国军民的抗日斗志。

（孙继文　王德华）

Kongxi Taiwan Songshan Jichang

空袭台湾松山机场 (Songshan Airport, Air Raid on the Japanese Occupied)
1938年12月23日，中国空军和苏联空军志愿队袭击侵华日军所占台湾松山机场的作战行动。1937年8月，日本海军航空队多次从松山机场起飞空袭中国大陆。为打击日军空中力量，中国空军决定对松山机场进行空中突击。27日，中、苏空军从南昌和汉口起飞40架轻型轰炸机，组成两个编队。南昌起飞的12架轰炸机编队偏离预定航向，在福州机场降落。汉口起飞的28架轰炸机编队在大队长Φ.Π.波雷宁大尉指挥下，飞行高度

5 500米，到达台湾海峡后降至2 000米，临近台北时又上升到4 000米。为迷惑日军，轰炸机编队先向台湾以北方向飞行，随后急速转弯，降低高度，飞向松山机场。松山机场的日军毫无戒备，既无战斗机起飞拦截，也没有高射武器进行抗击。轰炸机编队飞抵松山机场上空，共投炸弹280枚，炸毁日军飞机40架，营房10栋，机库3座，焚毁大量航空油料等。完成任务后，轰炸机安全返航。

（孙继文）

Guide Kongzhan

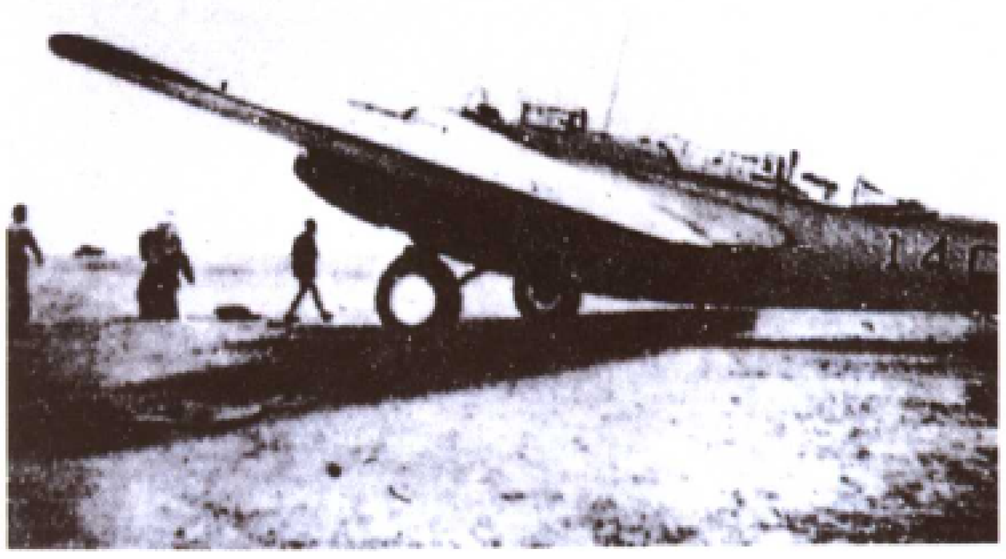
归德空战 (Air Combats over Guide)

1938年3～4月，中国空军在河南归德(今商丘)地区与侵华日军进行的空中作战。为支援徐州会战的中国地面部队，3月18日，中国空军第3大队6架伊－15型飞机从归德起飞攻击日军地面部队，打死打伤日军多人。途中与日军2架95式飞机相遇，第3大队第7中队分队长欧阳森率3架飞机迎敌，将日机击落。23日，第3大队大队长吴汝鎏率14架伊－15型飞机自归德起飞，空袭临城、韩庄一带日军。返航至归德机场上空，与日军18架95式飞机遭遇，经10分钟空战，击落、击伤日机各3架，被日机击落3架，中队长何信、分队长莫林、李膺勋牺牲。4月10日，第3大队副大队长林佐率4架伊－15型飞机从归德起飞，轰炸从台儿庄向枣庄一带退却的日军。完成任务返航时，遇日军17架95式飞机，空战中击落日机6架，被击落2架，牺牲飞行员2名。5月20日，第5大队10架伊－15型飞机在兰封(今兰考)上空与24架日机空战，损失飞机6架。

（王兴宏）

Zhipian Hongzha

“纸片轰炸” (Paper Bombing) 1938年5月19日，中国空军对日本本土投撒传单的行动。亦称“人道远征”。19日15时23分，中国空军2架满载传单的马丁B－10型轰炸机从汉口机场起飞。第14中队队长徐焕升驾驶1403号机为长机，第19中队副队长佟彦博驾驶1404号机为僚机，机组人员有蒋绍禹、雷天春、吴积冲、苏光华、刘荣光、陈光斗等。飞机在宁波栎社机场加油后，23时48分再次起飞，直飞日本。20日2时45分，双



执行“纸片轰炸”的飞机

机以3 500米的高度飞临日本长崎上空，投撒传单，3时45分，到达福冈投撒传单，4时23分，在九州岛投撒传单后安全返航。双机先后降落在玉山和南昌机场。“纸片轰炸”，表达了中国人民抗日的决心和信心，对唤起日本民众共同反对侵略战争起到了宣传作用。

（王兴宏）

Rendao Yuanzheng

人道远征 (Humanistic Expedition)

见“纸片轰炸”。

Nanchang Kongzhan

南昌空战 (Air Combats over Nanchang)

1937年12月～1938年8月，中国空军抗击侵华日军空袭南昌的空中作战行动。1937年12月9日，侵华日军19架飞机空袭南昌。驻南昌中国空军第9大队中队长王汉勋率4架“霍克－Ⅲ”型飞机升空迎战，空战中击落日机1架，己方损失2架。飞行员周克彝、关中杰牺牲。14日，日军21架飞机轰炸南昌，中国空军和苏联空军志愿队飞机起飞迎击。空战中，中国空军损失飞机1架，飞行员杨晴舫牺牲。22日，日军23架飞机空袭南昌机场，苏联空军志愿队迎击，击落日机1架。

1938年1月7日，日军24架飞机袭击南昌机场，中国空军飞机起飞拦截，第5大队飞行员徐葆昀驾驶伊－15型飞机，击落日机1架。5月25日，日军36架轰炸机、18架战斗机，分批连续空袭南昌。中国空军第3大队和苏联空军志愿队伊－15型、伊－16型飞机30架，分3个编队拦截日机，击落日机8架、击伤4架，中方损失飞机4架、苏联空军志愿队损失飞机3架。6月26日，日军从南京起飞46架飞机空袭南昌。中国空军第4大队和苏联空军志愿队起飞33架飞机迎战，击落日机6架。7月4日下午，日军56架飞机空袭南昌。中国空军第3、第4大队和苏联空军志愿队起飞39架飞机与日机空战，击落日机7架。7月18日，日军27架飞机分两批空袭南昌，中、苏空军起飞拦截，击落日机4架。日本海军航空队“四大天王”之一的战斗机飞行队队长南乡茂章大尉毙命。8月4日，日军27架飞机轰炸南昌，投弹百余枚，南昌机场遭到严重破坏，驻南昌的中国空军和苏联空军志愿队被迫转移。

（王兴宏）

Hengyang Kongzhan

衡阳空战 (Air Combat over Hengyang)

1938年8月18日，中国空军抗击侵华日军空袭湖南衡阳的空中作战行动。当日，侵华日军27架飞机空袭衡阳和宝庆(今邵阳)。中国空军第3大队大队长吴汝鎏率伊－16型飞机7架、第25中队中队长汤卜生率“霍克”式飞机3架起飞拦截，空战中击落日机4架。汤卜生驾驶的飞机被击落，汤牺牲。

（孙继文）

Nanxiong Kongzhan

南雄空战 (Air Combat over Nanxiong)

1938年8月30日，中国空军在广东南雄地区抗击侵华日军的空中作战行动。8月29日，中国空军第3大队大队长吴汝鎏率32中队9架伊－16型飞机从衡阳起飞，进驻南雄机场。8月30日晨，获得日机空袭南雄机场的情报后，吴汝鎏率8架飞机在南雄上空巡逻。约20分钟后，日军11架96式飞机从东南方向飞来，吴汝鎏即率队拦截，经20多分钟空战，日机损失过半。这时，日军第2批11架95式飞机赶到加入战斗。中国空军在飞机数量处于劣势的情况下，奋勇作战，除吕明驾驶的飞机多处中弹，降落湖南郴州机场外，其余全部损失。吴汝鎏、马毓鑫等牺牲。

（王兴宏）

Kongxi Yuncheng Jichang

空袭运城机场 (Air Raid on Japanese Occupied Yuncheng Airport) 1939年2～4月，中国空军空袭侵华日军所占山西运城机场的作战行动。2月5日，中国空军第10中队中队长刘福洪率轰炸机4

架，对运城机场进行首次空袭，投弹40余枚，炸毁日军飞机10余架。4月11日、29日，中国空军又两次空袭运城机场，因日军飞机已隐蔽，只破坏了机场。

（王兴宏）

Lanzhou Kongzhan

兰州空战 (Lanzhou, Air Combats over) 1939年2月，中国空军抗击侵华日军空袭兰州的空中作战行动。抗日战争初期，兰州是苏联援华作战物资的集散地和中国空军、苏联空军志愿队的主要基地。1939年2月，日军连续3次空袭兰州。12日，日军29架97式轰炸机由山西运城起飞空袭兰州，中国空军起飞拦截，击伤日机多架。20日，日军轰炸机30架，分批空袭兰州。中国空军第3大队起飞伊-15型、伊-16型飞机15架，与苏联空军志愿队14架飞机分头拦截。首先集中兵力于兰州东北截击日机先头编队9架飞机，击落领队长机，其他日机慌忙投弹后东逃，中国飞机编队全速追击，又击落日机1架。同时，中国空军飞机编队拦截另两批日机，击落日机7架，击伤多架。23日，日军再次出动20架轰炸机空袭兰州。为防日机突袭，当日中国空军起飞6架伊-15型飞机在空中巡逻警戒，发现日机后，中国空军和苏联空军志愿队又起飞25架飞机迎击。空战中，中国空军向日军轰炸机编队猛烈攻击，击落日机6架，其余日机逃窜。3次空战，共击落日机15架，粉碎了日军炸毁中国空军兰州基地的企图。

（王兴宏）

Kongxi Hankou Jichang

空袭汉口机场 (Hankou Airport, Air Raid on the Japanese Occupied) 1939年10月，苏联空军志愿队在中国空军协助下空袭侵华日军所占汉口机场的作战行动。1939年9月，日军为大规模空袭中国后方城市，在汉口机场集结300余架飞机。中国空军和苏联空军志愿队决定对汉口机场进行大规模空袭。10月3日，苏联空军志愿队出动29架特勃-3型轰炸机，携带爆破弹、杀伤弹和燃烧弹，由成都起飞空袭汉口机场。由于日军没有戒备，空袭成功，共炸毁日军飞机50余架，炸毁油库等设施，炸死日军130多人。14日，苏联空军志愿队再次袭击汉口机场，炸毁日机100余架、油库1座、车辆40余台、各种弹药3万余箱，炸死炸伤日军400多人(其中飞行员60多人)。空战中还击落日机3架，己方被击伤1架。这两次空袭，重创了汉口机场的日军，打乱了日军轰炸中国抗日后方计划。

（王兴宏）

Kunlunguan Kongzhong Zuozhan

昆仑关空中作战 (Kunlun Pass, Air Combats over the) 1939年12月，中国空军在桂南会战中支援陆军作战的空中作战行动。12月初，侵华日军攻占广西高峰隘和昆仑关。中国军队为收复中越国际交通线，防止日军进犯柳州、贵阳等地，与日军在昆仑关展开大规模作战。18日，中国军队组织反攻，空军出动飞机支援地面部队作战。25日下午，出动3架轻型轰炸机飞临昆仑关上空，日军误认为是己方飞机，铺设信号板联络，中国空军轰炸机对准日军阵地轰炸扫射，日军伤亡较大。27日，中国空军第3大队出动战斗机6架，在桂林二塘上空与数倍于己的日军飞机展开空战，击落日机2架，中国空军第32中队中队长韦一青击落1架日机后，追击另1架日机时，被尾随的日机击中牺牲。昆仑关作战，中国空军战斗出动12次，投弹28吨，支援陆军攻占日军据点5处，炸毁日军炮兵阵地3处，多次空袭日军所占机场，炸毁日军飞机15架，击落日机3架，支援了地面部队取得昆仑关作战的胜利。

（王兴宏）

Liuzhou Kongzhan

柳州空战 (Liuzhou, Air Combats over) 1939年12月～1940年1月，中国空军和苏联空军志愿队在桂南会战中抗击侵华日军空袭广西柳州的空中作战行动。12月30日，日军出动飞机13架空袭柳州机场。中国空军第4大队大队长刘志汉、副大队长郑少愚率队迎击，击落日机6架。1940年1月10日，日军出动飞机27架，分两批袭击柳州。驻柳州苏联空军志愿队起飞迎击，击落日机3架。苏联空军志愿队被击落飞机1架，牺牲飞行员1名。

（王兴宏）

Kongxi Yichang

空袭宜昌 (Yichang, Air Raid on) 1941年3月9日，中国空军空袭湖北宜昌侵华日军的作战行动。日军为扩充外围，分3路西进。中国空军为支援地面部队作战，第8大队大队长陈嘉尚于当日晨率6架轰炸机，自成都太平寺机场起飞，空袭侵占宜昌的日军。途中，4架飞机冲破日机拦截，完成轰炸任务，炸死日军200余人；2架飞机掉队，其中1架飞机的驾驶员高寇才与编队失去联系后，单机飞往宜昌，遭12架日机截击，击落日机2架，后被日机击落牺牲。

（陈凤武）

Chengdu Kongzhan

成都空战 (Chengdu, Air Combats over) 1939年11月4日、1941年3月14日，中国空军在成都地区与侵华日军进行的空中作战。

1939年11月4日，日军为报复中国空军和苏联空军志愿队对汉口日军的空袭，派出54架飞机空袭成都。中国空军第5大队分批出动飞机拦截。第一批14架飞机在成都—温江空域警戒；第二批9架飞机在成都附近空中巡逻；第3批6架飞机在温江附近上空待战。日机分别对成都凤凰山机场和温江机场轰炸，中国空军飞机分头迎战，共击落日机4架。空战中，中国空军第26中队副中队长段文郁闯入日机编队，紧紧咬住日领队长机，一直追到成都以南的仁寿和简阳两县交界处上空，将其击落，段文郁驾驶的飞机多处中弹坠落，段牺牲。飞行员邓从凯将日军第13航空队司令奥田喜久司大佐飞机击落。

1941年3月14日，日军12架轰炸机在零式战斗机掩护下，分两批袭击成都双流和太平寺机场。中国空军第3、第5大队31架伊-15型飞机迎战，击落日机6架，被日机击落8架。第5大队大队长黄新瑞、副大队长岑泽鎏、中队长周灵虚、分队长汪东胜、飞行员任贤、林恒、袁芳炳、陈鹏扬牺牲。

（陈凤武）

Tuofeng Kongyun

“驼峰空运” (Hump Air Transportation) 1942年4月～1945年9月，为保障中国抗日战争战略物资供应，以美国空运队为主、中国航空公司参加的往返中国和印度之间的空中运输行动。是第二次世界大战中规模最大、持续时间最长的战略空运。因空运航线飞越喜马拉雅山脉，绵延起伏的山峰形似驼峰，史称“驼峰空运”。

1942年4月28日，日本军队攻占缅甸北部交通枢纽腊戌，切断中国最后一条国际交通线—滇缅公路。中、美两国政府商定，开辟中国—印度空中运输航线，由中国航空公司空运队和美国陆军航空队共同承担空运任务。

“驼峰空运”航线有南、北两条：南航线从昆明经丽江、洱海、下关、云龙、印度杜姆杜摩，到印度东北部汀江机场。航程885千米，最低安全高度4 267米。北航线由昆明经程海(中国云南省北部永胜县境内的一个湖)、缅甸葡萄、印度杜姆杜摩，到汀江机场。航程819千米，最低安全高度4 572米。南航线山峰较低，气象相对稳定，但距缅甸密支那、八莫等日军航空基地较近，易遭日机攻击，因此，通常多飞北航线。

“驼峰空运”初期，美国空运队有7架DC-3和20架DC-2型运输机，中国空运队有6架运输机。到1945年，美国共有6个空运队，有DC-2、DC-3、C-46、C-47、C-53型飞机629架，中国空运队有C-46型飞机22架、C-47型飞机17架。1942年5月~1945年9月，美国空运队和中国航空公司空运队共运送旅客3.3 万余人次，物资72.5万吨。

“驼峰”航线地形复杂，气象异常，气流、季风强劲，高空飞行飞机常出现严重结冰，缺乏可靠的气象和导航保障，飞行十分艰险。当时运输机升限只有5 000米左右，全载重时只能飞4 000米左右，飞机只能在狭窄的山谷中穿越飞行，时常发生空难。“驼峰空运”期间，中、美共损失飞机514架，牺牲飞行人员1 500余名。“驼峰空运”为中国夺取抗日战争胜利做出了重大贡献。 (孙继文)

Liangshan Kongzhan

梁山空战 (Liangshan, Air Combat over) 1943年6月6日，中国空军在鄂西会战中抗击侵华日军空袭四川梁山的空中作战行动。当日，中国空军第4大队大队长李向阳率13架P-40型飞机由梁山机场起飞，攻击鄂西日军。返场着陆正待加油时，发现10余架日军飞机向梁山机场逼近，其中8架已飞临机场上空开始投弹，中国空军飞机紧急起飞迎战。中队长周志开率先强行起飞，单机冲向日机群，将日机队形冲乱，随后连续击落日军轰炸机3架，安全返航。 (陈凤武)

Changde Huizhan Kongzhong Zuozhan

常德会战空中作战 (Changde, Air Combats in the Battle of) 1943年11~12月，中国空军和美军第14航空队在湖南常德会战中对侵华日军的空中作战行动。11月21日，日军出动39架飞机，袭击湖北恩施机场。中国空军第4、第11大队起飞迎战。第11大队中队长任肇基率4架P-66型飞机与日机空战，击落日机4架，被击落3架。飞行员颜泽光、张传伟、周福心牺牲。25日，中国空军2架P-40型飞机对常德外围日军进行攻击，击毙日本陆军第3师团第6联队联队长。29日，中国空军第4大队中队长高又新率4架P-43型、1架P-40型飞机从湖北恩施机场起飞，在飞往常德途中先后与4批日机相遇，击落日机4架，被击落1架。12月14日，中国空军第4大队中队长周志开驾驶P-40型飞机执行侦察任务时与多架日机相遇，力量悬殊，被日机击落，周牺牲，飞机坠于长阳县境内。常德会战期间，中、美方共出动飞机216批，其中战斗机1 467架次，轰炸机280架次，击落日机25架，击伤19架，炸毁日机12架。给日军以沉重打击，有力支援了中国地面部队作战。 (陈凤武)

Yuzhong Huizhan Kongzhong Zuozhan

豫中会战空中作战 (Central Henan, Air Combats in the Battle of) 1944年4月18日~6月10日，中国空军和美军第14航空队在豫中会战中对侵华日军的空中作战行动。会战中，日军在豫中有飞机156架，在晋南有飞机114架。中、美方共有飞机156架。5月12日，中国空军出动多批飞机支援地面部队作战，第4大队21中队中队长高又新率7架P-40型飞机，袭击河南洛阳附近日军坦克群，炸毁坦克10余辆，击毁运输车20余辆。同日，第4大队1中队中队长刘尊率5架P-40型飞机，袭击洛阳附近日军，炸毁军车多辆。6月2日、5日、9日、10日，中国空军第3、第4大队连续空袭日军侵占的郑州火车站及陕县、灵宝、宜昌等地日军阵地，炸毁坦克、军车多辆。4月18日~6月10日，中、美方共出动战斗机1 646架次，轰炸机272架次。共击落日机87架，炸毁日机79架，炸毁日军坦克及各种军车1 000余辆，炸沉日军各种船只36艘。其中，中国空军击落日机32架，炸毁日机11架，己方牺牲飞行员24名。 (陈凤武)

Changheng Huizhan Kongzhong Zuozhan

长衡会战空中作战 (Changsha-Hengyang, Air Combats in the Battle of) 1944年4~8月，中国空军和美军第14航空队在长沙、衡阳会战中对侵华日军的空中作战行动。会战中，日军有飞机168架，中国空军第4、第11大队和中美空军混合团及美军第14航空队共有飞机181架。6月10日，中国空军空袭长沙以北日军渡江汽艇，炸沉23艘，炸死、炸伤日军300多名。17日，中国空军第5大队出动12架P-40型战斗机掩护4架B-25型轰炸机，空袭长沙日军炮兵阵地，空战中，击落日军零式战斗机3架。同日，第5大队12架P-40型战斗机掩护4架B-25型轰炸机，袭击正在强渡湘江的日军重炮部队船只，炸沉日船多艘，空战中，击落日机3架，被击落1架。18日，日军出动30多架飞机空袭长沙，中、美方出动飞机30余架，同日机空战，击落日机5架。26日，第5大队11架P-40型飞机空袭益阳日军水上运输队，空战中击落日机3架。7月以后，长衡会战更加激烈，中、美方飞机昼夜出动，袭击日军补给中心、机场、车站、浮桥、船只、车辆及指挥中心。8月8日，衡阳陷落。会战中，中国空军出动飞机3 949架次，美军第14航空队出动飞机4 532架次，共击落日机70架，毁伤日机52架，炸毁日占火车站13处，桥梁20座，坦克及各种运输车1 858辆，空袭日军指挥部16次，空袭机场30次，轰炸日军工事38处，炸死、炸伤日军约7 000人。 (陈凤武)

Gui-Liu Huizhan Kongzhong Zuozhan

桂柳会战空中作战 (Guilin-Liuzhou, Air Combats in the Battle of) 1944年8~11月，中国空军和美军第14航空队在桂林、柳州会战中对侵华日军的空中作战行动。日军攻占衡阳后，发动桂柳战役。在桂柳会战中，中、美空中力量重点打击日军航空基地和交通枢纽，参战部队主要有中国空军第1、第3、第5大队，美军第14航空队。8月28日，中国空军第5大队11架P-40型战斗机和美军第14

航空队13架战斗机，袭击白螺矶日军机场，日军飞机起飞拦截，日机被击落10架，中国损失飞机1架，美军第14航空队损失飞机3架。此后，中、美方多次袭击日军。由于地面部队作战失利，11月10日，桂林、柳州失守。桂柳会战中，中、美方出动飞机228批1 386架，共击落日机14架、击伤10架，炸毁日机6架、军车400余辆。（孙继文）

中国人民解放军空军军史

Zhongguo Gongchandang Chuangjian Junshi Hangkong

中国共产党创建军事航空 (military aviation founded by the Chinese Communist Party) 中国共产党在革命战争时期开展的军事航空活动。目的是积极创造条件培养航空人才，积蓄力量，为创建发展人民军事航空事业作准备。

培养军事航空人才 北伐战争时期，中国共产党开始培养航空人才。1924年7月，广东革命政府在广州大沙头创办航空学校，从黄埔军校选调学员学习航空。1925年8月和1926年6月，从航空学校第一期和第二期学员中选送18名到苏联学习航空，其中近半数是共产党员。1927年，蒋介石发动“四一二”政变。中国共产党为了继续培养航空人才，1927年9月和1935年9月，从留学苏联的共产党员、共青团员和进步青年中选调18人改学航空。抗日战争爆发后，抗日民族统一战线建立，1938年3月初，根据中国共产党驻新疆代表陈云同新疆督办盛世才达成的协议，派红军干部43人，到新疆边防督办公署航空队学习航空技术，其中学飞行的25人，学机械的18人。抗日战争期间，中国共产党在国民党统治区的地下党组织，还选派具有一定文化程度的青年报考国民政府中央航空学校和国民政府空军机械学校。1941年1月，中央军委决定成立第18集团军工程学校，培养航空机械工程人才。

接纳驾机起义人员和缴获敌机 1930年春，红军在鄂豫皖边区缴获1架国民党空军的“柯塞”式飞机，后命名为“列宁”号。飞行员龙文光经教育参加了红军。1932年4月20日，红1军团攻占福建漳州，缴获1架“摩斯”式通信教练飞机。1945年8月20日，汪精卫伪政权的1架“九九”式双发运输机，由周致和等6人驾驶从江苏扬州机场起义飞抵延安。1946年6月26日，国民党空军第8大队上尉飞行员刘善本等7人驾驶B－24型轰炸机起义，从成都飞抵延安。从1946年4月到1949年9月，国民党空军先后有55人驾机或随机起义，有20架飞机飞到解放区。

创办第一所航空学校 抗日战争胜利后，中共中央根据革命需要和侵华日军在东北遗留航空器材较多的情况，决定在东北创办航空学校。1945年9～10月，王弼、常乾坤等30余名航空技术干部，分赴东北各地搜集航空器材。经4个多月的准备，于1946年3月1日在通化成立东北民主联军航空学校，这是中国共产党及其领导下的人民军队创办的第一所航空学校。常乾坤任校长，吴溉之兼任政治委员。到1949年12月停办，航空学校共培养飞行、领航、机械等各类航空人员560人。

组建军事航空领导机构和开展航空工作 随着辽沈、淮海、平津战役的胜利，广大地区迅速解放。为了有组织、有领导地接收与管理各地缴获的航空器材和人员，1949年3月17日，中央军委决定成立航空局。3月30日，任命常乾坤为局长，王弼为政治委员。4月1日，成立华北军区司令部航空处。至1950年1月，相继成立华东、华中(后改中南)、西北、西南、东北军区司令部航空处。先后接收航空人员2 312人，飞机113架，航空器材、物资共40 918吨。组织接收12个航空工厂、修复40个机场，开辟4条空中航线。为加强北平(今北京)地区的防空，1949年8月15日，在北平南苑机场组建第一个飞行中队。

筹建人民空军 1949年1月8日，中共中央政治局会议通过并向全党发出的《目前形势和党在一九四九年的任务》指示中，提出建立空军的任务。7月10日，毛泽东写信给周恩来，提出建立空军的问题。26日，中央军委指出：现在必须以建立空军为当前首要任务，准备1年左右可以用于作战。8月1日，刘亚楼赴莫斯科，参加中共代表团关于苏联帮助中国建立空军问题的谈判，达成了购买飞机434架，苏联派出顾问878名，帮助开办6所航空学校的协议。10月25日，中央军委任命第四野战军第14兵团司令员刘亚楼为空军司令员，第四野战军第13兵团政治委员萧华为空军政治委员兼政治部主任，第二野战军第17军军长王秉璋为空军参谋长。11月11日，中国人民解放军空军成立，原军委航空局撤销，所有干部和业务移交空军司令部。

（宣如才 冯忠民）

Di-18 Jituanjun Gongcheng Xuexiao

第18集团军工程学校 (Engineering School of the 18th Army) 抗日战争时期，中国共产党创建的培养航空及机械工程人才的学校。1940年10月，从苏联学习航空回到延安的王弼、常乾坤向中共中央建议，收拢航空人员，筹建航空学校，培养航空人才。根据王弼、常乾坤的建议和当时延安的条件，1941年1月，中央军委决定成立第18集团军工程学校，指定王弼、常乾坤负责建校筹备工作。工程学校的任务是培养航空及地面机械工程人才。经过两个多月的筹备，选调100多名学员。3月6日，中央军委任命王弼为校长，丁秋生为政治委员，常乾坤为教务主任。3月10日，工程学校在陕北安塞县成立，4月6日开始上课。10月，根据中共中央“精兵简政”的精神，工程学校改为工程队，隶属于抗日军政大学第3分校，王弼任工程队队长兼政治委员。后来第3分校改为延安军事学院，工程队改为该院第3大队，常乾坤任大队长。1943年2月，延安军事学院与抗日军政大学合并，第3大队撤销。

（宣如才 冯忠民）

Di-18 Jituanjun Zongcanmoubu Hangkongzu

第18集团军总参谋部航空组 (Aviation Group of the 18th Army General Staff) 抗日战争时期，中国共产党领导的第18集团军组建的领导航空事业的机构。1944年5月，第18集团军总参谋部成立航空组，担负航空方面的调查研究工作和处理有关事宜，王弼任组长，常乾坤任副组长。7月，航空组组织修建了延安机场。1945年2、3月间，协助组建了延安机场勤务股，油江任股长，负责接待、看管及维护来往延安的飞机。8月28日和10

月11日，完成了毛泽东、周恩来等赴重庆同国民党进行和平谈判所乘坐飞机起降的保障任务。根据中共中央的决定，9、10月间，组织一批干部去东北接收和搜集航空器材。随后航空组人员先后去东北执行筹建航空学校的任务，航空组即行撤销。（宣如才 冯忠民）

Yan'an Jichang Qinwugu

延安机场勤务股 （Service Section of the Yan'an Airport） 见第18集团军总参谋部航空组。

Jin-Cha-Ji Junqu Hangkongzhan

晋察冀军区航空站 （Aviation Station of the Shanxi-Chahar-Hebei Military Area Command） 八路军在晋察冀军区成立的航空机构。1945年8月，抗日战争胜利后，八路军晋察冀军区接管了侵华日军在张北、灵丘、张家口的机场，接收了2架飞机及一批航空器材、油料，还有几十名日军飞行、机务人员。为管理这些设施和人员，于9月在张家口成立晋察冀军区航空站，直属晋察冀军区司令部，下设场务科、管理科和修理厂，王弼、油江相继任站长。主要任务是：管理机场；保管飞机、器材和油料；保障飞机起降；培训航空人员。1946年7、8月，国民党军队逼近张家口，10月，航空站将飞机、器材、油料等物资和人员撤离张家口，人员编入晋察冀军区摩托管理处。

（宣如才 冯忠民）

Dongbei Minzhu Lianjun Hangkong Xuexiao

东北民主联军航空学校 （Aviation School of the Northeast Democratic United Army） 中国共产党创办的第一所培养航空人才的学校。因驻地一直在中国东北，习惯称“东北老航校”。

筹备阶段 抗日战争结束后，侵华日军在东北遗弃飞机和航空器材较多，具有创办航空学校的物质基础。中共中央决定，抽调30余人，由第18集团军总参谋部航空组负责人王弼、常乾坤带队，于1945年10月，分批从延安去东北，收集航空器材和人员，为创办航空学校做准备。

1945年9月底，原驻辽东侵华日军航空大队300余人，在大队长林弥一郎（后改中国名字林保毅）率领下，归降东北人民自治军。10月中旬，东北人民自治军总部决定，将其改编为东北人民自治军航空队。12月上旬，航空队移驻通化。12月下旬，选调110人到航空队。1946年1月1日，航空队扩编为航空总队。14日，改称东北民主联军航空总队。根据中共中央指示，筹建航空学校人员把搜集飞机和航空器材作为主要任务，在搜集到120余架破旧飞机、200多台飞机发动机和一批其他航空器材、设备、油料后，3月1日，由中共中央选派的航空技术干部和东北民主联军航空总队合编，在通化成立东北民主联军航空学校，归东北民主联军总部建制，常乾坤任校长，东北民主联军后方司令部政治委员吴溉之兼任政治委员。学校机关设训练处、政治部、校务处、供应处，辖1个学生大队。全校共631人，有30～40架经过修理可以使用的飞机。



初创时期的东北老航校

初建阶段 当航空学校准备开始飞行训练时，国民党军队占领沈阳、铁岭，直逼四平，国民党空军飞机频繁轰炸通化机场。1946年4月，全校转移到牡丹江市。东北民主联军总部任命王弼为航空学校政治委员。为迅速培养教学骨干，学校选定过去学过飞行的部分人员组成飞行教员训练班，学员编成2个飞行班（飞行第1期甲班12人、乙班31人）、1个机械班（机械1期40人），开始航空理论教育。飞行第1期甲班学员于7月开始飞行训练。11月，机械2期57人开学。

按照飞行训练常规，要按初级教练机、中级教练机、高级教练机顺序进行。当时，航空学校只有4架破旧“英格曼”式初级教练机和一些日制“九九”式高级教练机，没有中级教练机。在这种情况下，学校领导提出，越过初、中级教练机，直上“九九”式高级教练机。通过反复试验和严格训练，取得成功。随着飞行训练时间增加，面临缺乏油料的严重困难。从资料查到，日本投降前，曾因缺乏油料，一度用无水酒精代替汽油进行飞行训练。学校通过反复试验，以酒精代替汽油作飞机燃料获得成功。在中共中央东北局和东北民主联军总部关心和支持下，1946年9月，生产出可用作飞机燃料的酒精。10月，马文任航空学校第一政治委员，王弼任第二政治委员。由于国民党军队对东北解放区再次发动大规模进攻，国民党空军飞机经常到牡丹江地区侦察、扫射，11月，全校迁至东安（今密山）。

1947年2月，飞行第1期乙班克服技术和后勤保障方面的困难，开始飞行训练。飞机上没有无线电设备，编队飞行时，采用晃动机翼的办法互相联络；飞机上没有时钟，转场飞行时，学员把闹钟绑在腿上计时；没有航空地图，学员们对照普通地图进行描绘；飞机轮胎和螺旋桨不够用，机务人员就在前一架飞机着陆后，将轮胎、螺旋桨拆下来装到后一架飞机上；没有充气设备，用自行车气筒给飞机轮胎打气；没有棉衣，自己动手用面袋缝制；细粮和蔬菜不足，自己开荒种菜、养猪、磨豆腐，改善生活。9月，为加强对航校的领导，东北民主联军参谋长刘亚楼兼任航空学校校长，东北军政大学副政治委员吴溉之兼任航空学校政治委员。

发展阶段 1948年1月1日，学校改称东北人民解放军航空学校，归东北军区建制。3月，形势好转，全校由东安迁回牡丹江市。4月～10月，机械第1、2期学员，飞行第1期甲班、乙班学员相继毕业，共毕业飞行员43名、领航员24名、机械人员97名，全部留校工作，为学校进一步发展奠定了人才基础。辽沈战役结束后，1949年3月，学校迁到长春市，训练规模扩大，除开办第2、第3期飞行班和

第3、第4期机械班外，还创办通信班、气象班、场站班，全校发展到3 500人，在校学员320余名。5月，改称中国人民解放军航空学校。学校机关设训练处、政治部、机务处、供应处、卫生处、管理科、通讯科、场站科、队列科，辖第1、第2飞行大队，第3、第4大队(机械)和警卫营。

1949年12月13日，该校停办，所属人员调往新组建的航空学校等单位。该校先后共培养各类航空人员560名，其中飞行员126名，机务人员322名，领航员24名，场站、气象、通信、参谋人员88名。这些人员，后来大多成为建设人民空军和创办、发展新中国航空事业的骨干。

（王玉柱）

Dongbei Lao Hangxiao

东北老航校 (Northeast Old Aviation)

见东北民主联军航空学校。

Junwei Hangkongju

军委航空局 (Aviation Bureau of the Central Military Commission) 中国共产党中央军事委员会首次设立的航空工作领导机关。1949年3月8日，毛泽东等中共中央领导人召见东北人民解放军航空学校负责人常乾坤、王弼，听取工作汇报和有关成立航空领导机构等建议。17日，中央军委决定，成立军委航空局，统一领导航空事业。30日，该局在北平(今北京)开始办公。常乾坤任局长，王弼任政治委员。机关设作战教育处、航空工程处、民航处和情报科、供给科，编64人。渡江战役后，长江以南广大地区得到解放，航空业务增多，工作范围扩大。5月，增设航行管理处、秘书处、政治处，供给科改为供给处，全局扩编为172人。

航空局成立后，组织开展各项航空业务工作，为建立人民空军做准备。①抽调干部组成航空接收组，分赴华北、华东、华中、西北各地，接管航空器材、设备，接纳航空技术人员。先后在北平、济南、南昌、长沙、汉口、上海、西安等地设立航空办事处；在天津、徐州、青岛、杭州、南京、太原、张家口等地设立航空站。到10月底，共接收国民党空军飞机113架，飞机发动机1 278台，航空物资、器材4万余吨，接管飞机修理厂、航空配件厂、飞机装配厂、氧气厂、通信器材厂等32个；接纳国民党空军起义和报到参加工作的航空技术人员2 267人。②组织修复机场，开辟空中航线。到10月底，修复机场40个，先后开通北京—长春—哈尔滨—齐齐哈尔—苏联赤塔，北京—太原—西安—兰州—乌鲁木齐，北京—石家庄—开封—武汉，北京—济南—徐州—南京—上海之间的航线。③8月15日，在北平南苑机场组建中国人民解放军第一个飞行中队，担负北平地区的防空任务。④组织指挥中华人民共和国开国大典的受阅飞行。⑤组织设计制定人民空军机徽和军徽。⑥10月29日和11月9日，组织保障国民党当局“中国”、“中央”2个航空公司由香港起义的12架运输机顺利飞抵北京和天津。

1949年11月11日，军委航空局撤销，所属人员及业务移交中国人民解放军空军司令部。

（王玉柱）

junqu silingbu hangkongchu

军区司令部航空处 (aviation division of military area command) 1949～1951年，中国人民解放军各大军区主管航空工作的领导机构。归军区建制，统一领导接收、清理和保管本军区范围国民党空军遗留的航空物资，保护和修复机场及航空修理厂、气象站等设施，接收航空技术人员，管理航空业务。在业务指导及航空器材与航空人员调度上接受军委航空局领导。军委航空局撤销后，接受空军司令部指导。1949年4月～1950年1月，先后成立6个军区司令部航空处。

华北军区司令部航空处 1949年4月1日，由东北人民解放军航空学校赴华北地区航空接收组和原晋察冀军区航空站部分人员合编，在北平(今北京)成立华北军区司令部航空处。辖天津、太原、张家口航空站。8月，辖中国人民解放军第一个飞行中队。9月5日，该飞行中队正式担负北平地区防空任务。为加强首都和华北地区防空指挥机构建设，适应领导空军部队的需要，1950年10月，航空处与步兵第205师机关一部合编为华北军区空军司令部。

华东军区司令部航空处 1949年9月1日，以上海军管会空军部为基础，在上海成立华东军区司令部航空处。辖济南、南京、浙江、上海、福建航空办事处。1950年1月，迁址南京。为适应发展空军部队和组织接收苏联协助上海地区防空部队的装备，8月1日，扩编为华东军区空军司令部。

西北军区司令部航空处 1949年11月，以军委航空局派出的西安航空办事处为基础，在兰州成立西北军区司令部航空处。1951年12月，航空处与陆军第6军军部合编为西北军区空军司令部。

中南军区司令部航空处 1949年12月，以军委航空局派出的武汉航空办事处为基础，在武汉成立华中军区司令部航空处。1950年2月，改称中南军区司令部航空处。为适应空军部队发展和作战指挥需要，9月24日，航空处与陆军第51军军部合编为中南军区空军司令部。

东北军区司令部航空处 1950年1月，以中国人民解放军原航空学校驻沈阳办事处及航空学校场站科为基础，在沈阳成立东北军区司令部航空处。为加强东北地区防空工作和组织指挥空军部队作战，8月，航空处与辽东、辽西军区部分机构及步兵第171师部分机关合编为东北军区空军司令部。

西南军区司令部航空处 1950年1月22日，由西北军区司令部航空处和华东军区司令部航空处派出航空接收组随第二野战军进军西南，分赴重庆、成都、贵阳、西康等地，以航空接收组为基础，在重庆成立西南军区司令部航空处。为加强支援地面部队进军西藏空投任务的组织领导，9月22日，航空处扩编为西南军区空军司令部。

（王玉柱）

Huabei Junqu Silingbu Hangkongchu

华北军区司令部航空处 (Aviation Division of the North China Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Huadong Junqu Silingbu Hangkongchu

华东军区司令部航空处 (Aviation Division of the East China Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Zhongnan Junqu Silingbu Hangkong-chu

中南军区司令部航空处 (Aviation Division of the Central and South China Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Xibei Junqu Silingbu Hangkongchu
西北军区司令部航空处 (Aviation Division of the Northwest Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Xinan Junqu Silingbu Hangkongchu
西南军区司令部航空处 (Aviation Division of the Southwest Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Dongbei Junqu Silingbu Hangkongchu
东北军区司令部航空处 (Aviation Division of the Northeast Military Area Command) 见军区司令部航空处。

Di-yi Ge Feixing Zhongdui
第一个飞行中队 (CPLA first flying squadron) 中国人民解放军最早组建的空中作战分队。1949年3月，中共中央从河北省平山县西柏坡迁入北平(今北京)。5月4日，国民党空军出动6架B－24型轰炸机，对北平南苑机场进行轰炸，造成飞机、房屋毁坏和人员伤亡。为保卫北平安全，保卫预定于9月召开的中国人民政治协商会议第一届全体会议，6月，中央军委副主席周恩来指示军委航空局，迅速组建一支航空作战分队，负责北平的防空。军委航空局经过研究，向中央军委建议调集10名左右飞行员，装备相应数量的飞机，组建一个飞行中队。8月15日，飞行中队在北平南苑组建，徐兆文任中队长、王平阳任政治委员。下辖2个战斗机分队，1个轰炸机分队，1个地勤分队；装备P－51型战斗机6架，蚊式、B－25型轰炸机各1架，PT－19型教练机2架。该中队归华北军区司令部航空处建制，由军委航空局负责作战指挥。经过短时间准备，9月5日，正式担负北平地区防空作战任务。9月中旬，朱德总司令在聂荣臻代总参谋长等陪同下，视察北平南苑机场，检阅了飞行中队的飞机和空、地勤人员。为加强飞行中队的作战力量，9、10月份，又从中国人民解放军航空学校调入一批空、地勤人员和作战飞机，编成3个战斗机分队、1个轰炸机分队。10月，增编1个运输机分队，装备C－46型运输机2架、C－47型运输机1架。这个飞行中队的组建，标志着中国人民解放军从此有了空中作战力量。

1950年初，轰炸机分队的全部飞行人员和飞机，战斗机分队的部分飞行人员和飞机，调入新组建的航空学校。原有3个战斗机分队缩编为2个。2月，将运输机分队调出，在北京西郊机场组建空运队。7月26日，飞行中队更名为中国人民解放军空军独立第1驱逐大队。8月，换装12架拉－9型战斗机、1架乌拉－9型教练机。11月，该大队撤销，人员和飞机调往空军各航空学校和部队。

(王玉柱)


朱德视察第一个飞行中队

Zhongguo Renmin Jiefangjun Kongjun
中国人民解放军空军 (Air Force of the CPLA) 中国人民解放军以航空兵为主体的军种。进行空中作战、对空作战和从空中对地面目标实施攻击的主要军事力量。由航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、空降兵、雷达兵、电子对抗兵、通信兵等兵种和其他专业勤务部队组成。下辖军区空军和军（空降兵）、院校、科研试验等单位。建立有基本适应现代战争需要的作战指挥、教育训练、科研装备和后勤保障体系，具有较强的空中进攻作战、防空作战和空运空降力量，担负着维护国家主权、保卫祖国领空安全的重大使命。还负有抢险救灾，参加国家社会主义建设的任务。

创建时期(1949.1～1953.12) 中国共产党很早就重视发展航空事业。在革命战争年代极端困难条件下，培养、储备了一批航空技术人才。大革命时期，选派共产党员进国民革命军航空学校学习。土地革命战争时期，选调一些共产党员、共青团员到苏联学习航空技术。抗日战争时期，选调一批共产党员到国民党航空学校和新疆边防督办公署航空队学习；在延安开办培养航空机械工程人才的学校。解放战争时期，在东北创办人民军队第一所航空学校，培养航空技术人才，为建立人民空军做准备。1949～1953年，根据中共中央决策，在陆军基础上建设空军。逐步建立健全作战指挥、教育训练和勤务保障体系，遂行要地防空任务，组成中国人民志愿军空军参加抗美援朝，支援陆军部队进军西藏和进行围剿土匪作战，成为一支有一定战斗力的空中力量。

成立领导机关 1949年1月8日，中共中央政治局在《目前形势和党在一九四九年的任务》的指示中提出，1949年及1950年，争取组成一支能够使用的空军。3月30日，在北平(今北京)成立军委航空局，常乾坤任局长、王弼任政治委员。统一领导全国的航空工作，组织接管缴获的航空器材、修复机场、收容教育改造国民党空军航空技术人员，为建立人民空军创造条件。

7月10日，中共中央毛泽东主席写信给周恩来，提出建立人民空军。周恩来随即组织筹建空军的工作。26日，中央军委决定，以中国人民解放军第14兵团机关和军委航空局合并组成中国人民解放军空军领导机构。10月25日，任命刘亚楼为空军司令员、萧华为空军政治委员兼政治部主任。11月11日，中国人民解放军空军司令部在北京成立，原军委航空局撤销，其人员及业务移交空军司令部。空军领率机关先后设参谋部(司令部)、训练部、政治部、工程部、后勤部、干部部和空军直属政治部等部门。

1949年4月～1950年1月，先后成立华北、华东、华中(后改中南)、西北、西南、东北军区司令部航空处，归所在军区建制。统一领导接收、管理国民党空军遗留的航空设施、物资和人员，办理航空业务。1950年8月～1951年12月，以各军



毛泽东、刘少奇听取空军司令员刘亚楼汇报

区司令部航空处和陆军部分军、师机构为基础，先后成立华东、东北、西南、中南、华北、西北军区空军司令部。1952年3月，中央军委决定，对全国各战略区的空军部队、学校、机关，实行由军委空军领导机关和各大军区领导机关双重领导，各大军区主要为作战指挥关系，军委空军主要为建制领导关系，空军部队建设和管理由军委空军统一负责。

1950年6月朝鲜内战爆发后，以美国为首的“联合国军”出兵干涉，朝鲜民主主义人民共和国处境危急，中国的安全受到严重威胁。在中国人民志愿军地面部队入朝作战不久，中共中央决定，组成中国人民志愿军空军，参加抗美援朝作战。1951年3月，成立中朝空军联合司令部，统一领导指挥志愿军空军。11月，在辽西省开原(今辽宁开原)组建1个空军军部；1952年8月、1953年3月，在辽东省安东(今辽宁丹东)、上海、山东潍坊各组建1个空军军部，加强空军部队的领导指挥。

建立院校培训体系　1949年7月，中共中央在筹划建立人民空军时决定，以东北老航校的干部、学员为骨干，请苏联派出专家协助，向苏联购买飞机和航空器材，尽快建立一批航空学校。至1950年1月，新建7所航空学校，以速成方式培养飞行、航空机务等专业技术人才。1951年以后，继续新建航空学校，并将飞行人员和地勤人员同校合训改为分校培训。到1953年底，空军有13所航空学校，培训飞行人员5 945名(其中女飞行人员55名)、航空机务人员2.4万余名、其他干部近1 400名。1950～1953年，先后成立8个航空预科总队(后改称航空预备学校)，对准备入航空学校的学员集中进行预科教育。1951～1953年，还先后成立机务学校、干部学校(1952年9月改称空军政治干部学校)和指挥员训练班，逐步建立多种类型、综合性院校培训体系。

组建部队　空军成立初期，中央军委采纳空军关于在陆军基础上进行建设的指导方针。1950～1951年，从陆军部队调给空军12个师部、49个团部，用于组建空军部队。1950年6月19日，空军第一支航空兵部队在南京组建，称中国人民解放军空军第4混成旅。7月26日，中国人民解放军第一支空降兵部队在上海组建，称中国人民解放军空军陆战第1旅，后改称空军陆战第1师、伞兵教导师。11月2日，空军部队的旅改称师。24日，在四川新津组建空军第一个运输航空兵团。1951年4月24日，组建空军第一个运输航空兵师。至1953年底，空军部队发展到28个师，各型飞机3 000余架。

建立保障体系　空军成立初期，在国家经济很困难的情况下，中共中央决定整修和新建一批机场，保障航空学校和航空兵部队使用。雷达、通信、气象等保障机构也陆续建立。空军专用经费和物资由空军负责供应，全军通用经费和物资由军区负责供应。全军实行新的供应保障体制后，1952年9月1日起，空军按照建制关系全面组织后勤供应保障，基本上实行空军—军区空军—部队供应体制。在东北、华东成立有空军后方勤务部分部，每个分部负责1个地区或1个作战方向空军部队的后勤供应保障。

担负作战任务　中共中央最早赋予空军的任务是参加解放台湾作战。1950年，朝鲜战争爆发后，中共中央决定组成中国人民志愿军空军，参加抗美援朝作战。1950年12月～1953年7月，中国人民志愿军空军共击落以美军为首的“联合国军”飞机330架、击伤95架；被击落231架、被击伤151架。有300多个单位、8 000余人立功，其中6个单位荣立集体一等功，21人获英雄、模范称号。

1952～1953年，在国土防空作战中，共击落、击伤入侵和窜扰飞机8架。1952年9月20日，击落入侵上海地区的美军B－29型轰炸机1架，取得空军国土防空的首次战果。1950年4月～1952年11月，支援陆军部队进军西藏，在康藏高原开辟航线25条，空投各种物资2 326吨。1952年7月，配合陆军部队围歼四川黑水和甘肃南部等地区土匪，实施空中侦察、轰炸、扫射、散发传单和后勤支援。

全面发展时期(1954.1～1966.4)　根据1953年12月7日～1954年1月26日召开的全国军事系统党的高级干部会议决定，空军全面加强建设。按照中央军委统一部署，1957年5月，中国人民解放军空军与防空军合并为空军，实行空防合一体制，并进行精简整编。随着主要武



邓小平听取空军司令员张廷发汇报　　谭先德摄



江泽民视察空军航空兵某部

器装备由中国自行生产，部队进一步发展，战斗力显著增强，在国土防空和协同陆、海军解放沿海岛屿等作战中取得突出战绩。

空军与防空军合并 1957年2月21日，中央军委决定，中国人民解放军空军与防空军合并为空军。5月17日，空军、防空军机关合署办公。刘亚楼任司令员，吴法宪任政治委员。各军区空军、防空军机关陆续合署办公。7月26日，防空军军种名称撤销，原防空军部队、学校划归空军建制。

加强领导指挥机构建设 空军与防空军合并后，进一步加强空军领导指挥机构建设。1956年3月，在河北杨村(今天津杨村)组建1个空军军部，1957年12月移驻济南。1958年8月，成立福州军区空军领导机关，统一领导指挥驻福建、江西省的空军部队。1958年11月～1960年2月，在吉林、广东、福建各组建1个军级指挥机构。1960年8月、1965年10月，先后成立昆明、成都军区空军领导机关。

按照与中国人民解放军总部机关对口的原则和空军业务工作特点，空军领率机关机构设置陆续调整。至1966年5月，设有11个部：司令部、政治部、后勤部、工程部、军训部、军校部、科研部、高射炮兵指挥部、第二高射炮兵指挥部、雷达兵部、直属政治部。

扩建部队 1956年9月，开始装备中国自行生产的作战飞机，并继续从国外购买部分飞机等装备，部队逐步发展。1958年10月，组建第一批地空导弹兵部队。1959年开始，歼击航空兵师陆续组建主要用于夜间作战的分队。为提高机动作战能力，1961年下半年，航空兵部队全面实行基地化。飞行团改为飞行大队。基地归航空兵师建制，将可以固定在基地的人员、装备都归基地建制，基地担负后勤和航空工程机务保障任务，航空兵师机动时，基地所属人员、装备不随之机动。1961年6月，陆军1个军调归空军，改建为空降兵部队。地空导弹、高射炮、雷达等装备国产化后，部队加快发展，防空力量得到加强，对空警戒、指挥引导保障能力进一步提高。

加强教育训练 1954～1965年，空军院校陆续进行调整。1958年，撤销一批预备学校、文化学校，先后成立空军学院、工程学院、高级专科学校及通信、卫生等院校。至1965年底，空军共有29所院校，建立了较完善的培训体系，使各类指挥干部和专业技术人员有了培训场所。

1959～1961年，苏联政府单方面撕毁援助中国的协议，中国国民经济发生严重困难，航空发动机、零备件和燃料严重短缺。为克服困难，航空兵部队开展“地面苦练，空中精飞”活动，采取“大集中、小穿插”、“平行训练”等方法，保持部队战斗力，完成了空军入闽作战和国土防空作战等任务。1964年，通过开展群众性练兵和大比武活动，部队的技术战术水平明显提高。

制订法规、编写教材 中国人民解放军空军创建时期使用的法规、教材基本上是照搬苏联的。1959年1月开始，抽调大批人员，全面地编写条令、条例、大纲、教材，进行空军成立以来第一次大规模理论建设工作。历时6年6个月，完成各种条令、条例、大纲、教材、操典等306本。对加强空军正规化建设，提高工作质量和效率，推动军事理论的研究和发展，起到重要作用。

进行国土防空作战 朝鲜战争结束后，美军飞机经常侦察、袭扰中国大陆和沿海地区，台湾当局飞机频繁入窜大陆，防空作战形势紧张。1954年1月～1966年5月，在国土防空作战中，击落美国和台湾当局飞机51架、击伤49架。首创用装备机载雷达的截击机和高射炮在夜间击落B－17、P－2V型飞机，用地空导弹击落RB－57D和U－2型高空侦察机，用歼－6型飞机击落美国无人驾驶高空侦察机等战例。

“文化大革命”时期 (1966.5～1976.10) 在此期间，空军建设受到严重破坏，在曲折中前进。军区空军以下机关、部队和飞行学校坚持正面教育，不开展“四大”(大鸣、大放、大字报、大辩论)，基本保持了稳定。空军部队抵制各种冲击和干扰，严守岗位，完成了国土防空作战任务。为做好反侵略战争准备，应付突然袭击，在一段时间，空军过多扩编部队、增设机构，编制员额大幅度增加。根据1975年中央军委扩大会议精神，进行精简。



胡锦涛与空军司令员乔清晨亲切握手　杨春源摄

改进部队体制　1966年以后，根据中共中央对形势的判断，中国面临战争威胁，空军大量扩建部队。1969～1971年，新组建11个航空兵师和一批高射炮兵、地空导弹兵、雷达兵等部队。至1972年底，空军实有总人数和部队数量达到历史上最多的时期。1970年2月，改进航空兵部队组织体制，将师属飞行大队改为飞行团，基地改为场站，师下辖飞行团和场站，航空机务人员编在飞行团，以提高飞行团独立遂行作战训练的能力。

调整领导机关机构设置　1967年6月，成立济南军区空军领导机关。1968～1969年，在华北、西北和粤东地区先后增设军级领导指挥机构。按照中央军委确定的适当归口、减少层次、裁减人员的原则，1969年9月，空军直属机关由11个部整编为司令部、政治部、后勤部。1970年，军区空军机关相应调整机构设置。1976年，空军、军区空军机关增设航空工程部。

教育训练受到削弱　“文化大革命”期间，空军正常的教育训练秩序被打乱，战役训练、军事演习被取消，飞行训练课目和院校课程设置被削减，训练时间和学制缩短，教育训练质量严重下降。1969年，有12所空军院校被撤销。1973年后，根据中央军委决定，成立各类教导队，恢复、重建部分院校，增加教育训练时间和内容，训练质量开始回升。

完成作战任务　1966年5月～1976年10月，美国和台湾当局不断派遣军用飞机袭扰，侦察中国大陆沿海和纵深地区，其入窜手段多变，给空军防空作战造成了很大困难。空军担负防空作战的指挥机关和部队保持高度戒备，共击落美军入侵、台湾当局入窜飞机16架，击伤4架。1967年9月，地空导弹部队首次使用中国自制兵器，有效抗击干扰，再次击落台湾当局U-2型高空侦察机1架。期间，空军高射炮兵部队完成了多次出国支援作战任务。

进行精简　1975年，根据总参谋部批准的《空军精简整编实施方案》，精简机关，撤销部分军级领导指挥机构和高射炮兵部队，淘汰一批老旧装备，空降兵部队实行简编，工程建筑部队和装备修理机构等实行企业化管理，不计入军队定额。探照灯兵部队撤销。到1976年10月，空军总人数比1972年减少26.9%。

管理民航　1969年11月20日，国务院、中央军委批准，中国民用航空系统归中国人民解放军建制，成为空军的组成部分，执行中国人民解放军的各项制度。民航对外名称不变，仍为国务院直属局。1980年3月15日，民航由国务院直接领导，实行企业化管理。

现代化建设时期(1976年10月以后)　1976年10月以后，空军进行全面整顿和改革。为打赢高技术条件下局部战争，全面加强现代化建设，提高教育训练水平，改善武器装备，增强保障能力，战斗力不断提升。

全面整顿　1977年4月，中共中央、中央军委调整空军领导班子。1978年，空军进行全面整顿。包括领导班子、规章制度、军事训练、战备工作、政治工作、纪律、航空工程机务工作、后勤工作、机关和作风等10个方面。在全面整顿基础上，先后制定和实施具体建设规划，加强政治思想建设，干部队伍革命化、年轻化、知识化、专业化方面取得进展，航空兵师长都能带队升空作战，院校建设得到加强，军事训练和管理教育水平明显提高，科研装备、航空工程机务和后勤保障有新发展。1980年以后，空军多次进行精简整编。压缩编制员额，实行军士制度，减少干部数量，提高士兵比例，改进部队组织体制。

提高教育训练水平　1977年以后，空军教育训练全面恢复和加强，对训练内容、方法和手段进行全面改革，标志着空军战斗力水平的甲类飞行团大幅度增加。为适应空中力量使用特点，做好打赢高技术条件下局部战争准备，加强多兵种和赋有战术背景的合练、演习和参加三军联合作战演习。逐步完善飞行学院—训练基地—部队三级飞行人员训练体制，甲类团由技术训练为主转变到以战术训练为主，由单一兵(机)种训练为主转变到以合同战役训练为主。1996年9月～1999年9月，空军先后举行多机(兵)种未知条件攻防对抗、空中战役对抗和强电磁干扰条件攻防演习，提高高技术条件下实战能力。高射炮兵、地空导弹兵部队不断探索适应未来作战需要的对策与战法，形成多种口径(型号)兵器结合使用、协同作战的多种有效战法。参加多军兵种军事演习和中华人民共和国成立35周年、50周年国庆首都阅兵等，较好地完成了任务。

1978年，重新成立空军学院等一批院校。1980年以后，空军院校不断调整训练任务、培训体制，使部队所有干部都有相应的院校培养。初级指挥军官按中专、大学专科、大学本科3个层次培训，专业技术军官按中专、大学专科、大学本



空军航空兵某部按纲施训　　王立平摄

科、硕士研究生和博士研究生5个层次培训。为适应军士制度，成立士官学校，在部分军官院校开设士官培训班。各院校不断改善教学条件和教学手段。建立健全军官继续教育体制，开办多种形式函授教育，多渠道培养人才。飞行学院毕业学员实行本科以上教育。

改善武器装备　空军有计划地进行装备科研，有重点地引进先进技术和装备，武器装备逐步得到改善，新型装备陆续装备部队，逐步淘汰老旧装备，缩小同世界发达国家差距。1987年，实行武器装备研制合同制，进一步加快新武器装备研制进度，提高研制经费使用效益。武器装备和勤务保障技术研究机构进一步健全。军事理论和科学技术研究取得显著成果，大批科研成果获得国家和军队级奖励并得到应用，对加强空军建设发挥重要作用。

提高保障能力　空军战斗勤务、航空工程、后勤系统保障工作不断加强。雷达情报、通信导航、领航引导、航空管制、气象预报等战斗保障装备陆续改进更新，抗干扰能力增强，逐步实现半自动化、自动化，保障效率提高。航空工程系统在反复试验基础上，1985年以后，全面实行新维修体制，加强飞机维修管理，改进维修手段，完善维护条例、规程，开展飞机维修科研，促进飞机维修工作科学化、现代化。后勤保障立足于部队现代化建设，以注重经济效益、实行科学管理、全面提高保障能力为目标，加强后勤人员队伍建设，努力改善保障设施，更新保障装备，运用科学手段和方法，完成战备、训练和生活保障任务。

到20世纪末，空军发展成为以航空兵为主体，诸兵种组成的合成军种。武器装备由缴获、外购、仿制，发展到以中国自行研制生产为主；官兵的军政素质不断提高，知识结构和专业化程度发生深刻变化；现代化建设和部队战斗力水平进入新阶段。跨入21世纪，进一步加强质量建设，由国土防空型向攻防兼备型转变，成为维护国家主权、保卫祖国领空、促进统一大业的重要军事力量，在高技术条件下军事斗争中发挥重要作用。

空军积极支持和参加国家建设事业。完成抢险救灾、航空测量、人工增雨、飞播造林、开辟空中航线等任务。在空投试验核武器、新型飞机试飞、运送卫星火箭等工作中，作出重要贡献。中国共产党第十一届三中全会后，为支援国家航空运输，开展民用航空业务，至1997年，在全国31个省、市、自治区开通53条航线。至1999年，先后为民用航空输送500多名飞行人员，开放50多个军用机场供民航飞机起降，雷达、通信、导航、气象等部(分)队在保障战备训练的同时，为民航提供服务。

空军在抗美援朝、解放沿海岛屿、支援地面部队剿匪、国土防空、出国支援等作战中，英勇善战，取得出色战绩，共击落敌机1 017架、击伤634架；在参加和支援国家社会主义建设等任务中做出重要贡献。涌现出许多先进集体和战斗英雄、模范、功臣。杰出代表有："航空兵英雄中队"、地空导弹"英雄营"、"飞行安全红旗师"、"红色前哨雷达站"、"模范气象导航站"、"甘巴拉英雄雷达站"，志愿军空军"一级战斗英雄"、特等功臣赵宝桐、王海、孙生禄、张积慧、刘玉堤，"空军战斗英雄"岳振华，"科研试飞英雄"滑俊、王昂，"试飞英雄"黄炳新，"学习雷锋的光荣标兵"朱伯儒，"抗洪英雄"高建成，"勇于牺牲奉献的好战士"黄勇等。

空军历任司令员：刘亚楼、吴法宪、马宁、张廷发、王海、曹双明、于振武、刘顺尧、乔清晨；历任政治委员：萧华、吴法宪、余立金、王辉球、傅传作、张廷发、高厚良、朱光、丁文昌、乔清晨、邓昌友。　　　　(乔清晨)

Shenyang Junqu Kongjun
沈阳军区空军

(Air Force of the Shenyang Military Area Command)　中国人民解放军空军驻沈阳军区的战役军团。归空军建制，受空军、沈阳军区双重领导。领导和指挥驻辽宁、吉林、黑龙江省及内蒙古自治区东部地区空军部队。主要担负本区防空作战、空中进攻作战，协同陆、海军作战等任务。

1950年7月13日，中央军委决定，成立中国人民解放军东北军区空军司令部。8月20日，以东北军区司令部航空处和辽东军区司令部、政治部，辽西军区供给部等单位为基础，在沈阳成立。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。1954年5月15日，改称东北军区空军部。1955年5月6日，改称沈阳军区空军司令部。1957年5月25日，与沈阳军区防空军合并为沈阳军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月，改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

东北军区空军机关成立后，根据国土防空和参加抗美援朝作战需要，迅速组建部队。1950年10月～1952年8月，先后组建2个空军军部、6个航空兵师等。1953年12月，中朝空军联合司令部所辖部队划归东北军区空军司令部统一领导。1957年8月，沈阳军区防空军部队划归沈阳军区空军建制。1958年11月，又组建1个空军军部。1974年4月以后，沈阳军区空军辖区空军院校，陆续由空军直属改归沈阳军区空军建制。1985年下半年，调整、撤销、合并部分单位。至20世纪末，沈阳军区空军发展成为一支包括航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

沈阳军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，继承和发扬人民解放军优良传统和作风，加强思想政治建设，保持部队高度稳定和集中统一。随着国防工业的发展，武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持把战斗力作为部队建设的标准，以军事训练为中心，贴近实战进行训练，部队战斗力提高到新水平。

沈阳军区空军长期担负东北地区防空作战任务，军区空军机关和部分部队先后参加抗美援朝、支援东南沿海地区作战等，为保卫祖国领空安全作出重要贡献。抗美援朝战争期间，中国人民志愿军空军以东北军区空军基地为依托，分批参加抗美援朝作战。东北军区空军机关全力以赴做好参战部队组织指挥和保障工作。所属空军第3、第4、第6、第8、第15师先后参战，击落以美军为首的"联合国军"飞机229架、击伤72架。空军第4师大队长李汉首创志愿军空军击伤、击落美国空军飞机的记录；大队长张积慧击毙美国空军"王牌驾驶员"G.A.戴维斯；副团长侯书军取得志愿军空军首次夜间击落美机的战绩。空军第15师飞行员韩德彩将美国空军"双料王牌驾驶员"H.E.费席尔驾驶的飞机击落。1951年11月6日，空军第8师出动飞机轰炸

大和岛，取得志愿军空军轰炸机部队首次执行战斗任务的胜利。30日，该师再次出动飞机轰炸大和岛，途中遭侵朝美军战斗机偷袭，在多架飞机被击落、击伤的情况下，轰炸机群仍奋勇前进将炸弹投向目标，并在战斗中用机枪击落美机1架。在国土防空作战中，沈阳军区空军部队多次击落美国入侵和台湾当局入窜大陆侦察、袭扰的飞机。1958年8月14日，空军第16师飞行员周春富在入闽轮战中，击落台湾当局空军F－86型飞机2架、击伤1架。1964年11月15日，空军第1师中队长徐开通在入粤作战中，首次击落美国无人驾驶高空侦察机。此外，沈阳军区空军部队参加辽东半岛抗登陆演习、首都国庆阅兵等，圆满完成任务。参加抗洪抢险，抗震、抗雪、灭火救灾和人工增雨等，为抢救人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

沈阳军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。空军航空兵第1师领导班子，1977年11月6日受到中央军委通报表扬。被中央军委或国防部授予荣誉称号的有："红色前哨雷达站"、"全心全意为人民服务的好干部"范生文。被空军授予荣誉称号的有："神炮中队"、"雷厉风行炮二连"、"抗洪抢险模范机组"、"红旗汽车连"、"乌拉盖模范雷达站"，"一级战斗英雄"赵宝桐、王海、孙生禄、张积慧、刘玉堤，"二级战斗英雄"杨振玉、范万章、焦景文、蒋道平、李汉、邹炎、高月明、毕武斌、韩德彩、吴胜凯，"空中神炮手"鲍寿根、"机械师尖兵"夏北浩、"热爱飞行事业的好飞行员"李国尧、"刻苦攻关的模范军医"罗尚功、"模范科技工作者"李小奇、"模范飞行员"陈加亮等。

历任司令员：段苏权、刘震、周赤萍、曾国华、王毓淮、曹双明、辛殿枫、卢登华、郑申侠、许其亮、周来强；历任政治委员：周赤萍、黄立清、张雍耿、毛远新、许乐夫、赵兰田、高兴民、刘存信、马驰、林万海、沙显明、王伟。

（罗柏轩）

Dongbei Junqu Kongjun Silingbu
东北军区空军司令部　(Air Force Headquarters of the Northeast Military Area Command)　见沈阳军区空军。

Beijing Junqu Kongjun
北京军区空军　(Air Force of the Beijing Military Area Command)　中国人民解放军空军驻北京军区的战役军团。归空军建制，受空军、北京军区双重领导。领导和指挥驻河北、山西、内蒙古(中部)、北京、天津5省、市、自治区空军部队。主要担负保卫首都和本区防空作战，空中进攻作战，协同陆、海军作战等任务。

1950年10月14日，中央军委批准，成立中国人民解放军华北军区空军司令部。10月28日，以华北军区司令部航空处和步兵第205师机关一部为基础，在北京成立。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。1954年5月15日，改称华北军区空军部。1955年5月6日，改称北京军区空军司令部。1957年6月1日，与北京军区防空军合并为北京军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月，改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

华北军区空军机关成立后，根据首都和华北地区防空作战需要，迅速组建部队。1951年1月～1952年12月，将从陆军部队调来的师、团机构，整编组建4个航空兵师等。1955年3月，随着全国军区重新划分，驻山东地区空军部队由华东军区空军划归华北军区空军建制。1956年3月，组建空军第6军军部，统一领导驻山东地区空军部队。1957年8月，北京军区防空军部队划归北京军区空军建制。1967年6月，空军第6军军部扩编为济南军区空军，归空军建制。1968年12月～1971年1月，先后组建3个空军军部。1974年4月以后，北京军区空军辖区航空学校(第11航空学校除外)和航空预备学校，陆续由空军直属改归北京军区空军建制。1976年1月，撤销1个空军军部。1985年下半年，调整、撤销、合并部分单位。至20世纪末，北京军区空军发展成为一支包括航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

北京军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，坚持人民军队性质和宗旨，加强和改进思想政治工作，保持部队政治合格和高度稳定。随着国防工业的发展，武器装备得到更新和改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，广泛持久地开展军事训练，组织多兵种空地实兵协同演练，部队军事素质和战斗力提高到新水平。

北京军区空军长期担负首都和华北地区防空作战任务，军区空军机关和部分部队先后参加抗美援朝、支援东南沿海地区作战等，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1951年7月，军区空军司令员徐德操率领机关人员和通信分队，开赴辽西省开原(今辽宁开原)，与中南军区空军机关抽调的人员一起，组建中朝空军联合冲击机指挥所，同年12月撤销。1953年5月，军区空军司令员段苏权、政治委员漆远渥率领机关707人，开赴辽东省安东(今辽宁丹东)，参加中朝空军联合司令部指挥所值班，同年9月底归建。空军第14、第17师先后参加抗美援朝作战，击落以美军为首的"联合国军"飞机33架、击伤5架。在国土防空作战中，北京军区空军部队多次击落美国入侵无人驾驶高空侦察机和台湾当局入窜大陆侦察、袭扰的飞机。1958年10月10日，空军第14师飞行员杜凤瑞在入闽轮战中，击落台湾当局空军F－86型飞机1架，头部负重伤后仍奋勇作战再次击落敌机1架。1984年3月和1987年10月，军区空军所属地空导弹兵部队在入桂轮战中，击落、击伤外国空军入侵广西地区的米格－21型飞机各1架。此外，北京军区空军部队参加华北地区军事演习、首都国庆阅兵等，圆满完成任务。参加唐山、张北地区抗震救灾，黄河炸凌防洪、冰上抢险等，为抢救人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。空军"八一"飞行表演队先后为近百个国家和地区的代表团，成功进行特技飞行表演。

在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现出一批先进单位和英雄模范人物。被中央军委或国防部授予荣誉称号的有："飞行安全红旗师"、"抗震救灾模范场站"、"唐山抗震救灾模范雷达连"、"爱民模范气象勤务站"。被空军授予荣誉称号的有："杜凤瑞中队"、"黄河冰上抢险爱民模范机组"、"神威导弹营"、"艰苦创业模范连"、"模范机务中队"，"空中神炮手"刘焕刚、"雷锋式的女战士"高东丽、"爱兵模范"游泽浦、"见义勇为英雄排长"孙耀佳、"刻苦钻研新装备的模范干部"席吉虎等。以及一等功臣杜凤瑞。

历任司令员：徐德操、段苏权、罗元

发、李际泰、刘玉堤、耀先、林基贵、马占民、乔清晨、李永金、景文春；历任政治委员：漆远渥、张百春、赵兰田、许乐夫、赵炳耀、赵立荣、蒲荣祥、刘振来。

（罗柏轩）

Huabei Junqu Kongjun Silingbu

华北军区空军司令部 (Air Force Headquarters of the North China Military Area Command) 见北京军区空军。

Lanzhou Junqu Kongjun

兰州军区空军 (Air Force of the Lanzhou Military Area Command) 中国人民解放军空军驻兰州军区的战役军团。归空军建制，受空军、兰州军区双重领导。领导和指挥驻陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆5省、自治区及西藏阿里、内蒙古西部地区空军部队。主要担负本区防空作战，空中进攻作战，协同陆军作战等任务。

1951年9月10日，中央军委决定，成立中国人民解放军西北军区空军司令部。12月，由西北军区司令部航空处与陆军第6军军部合编，在兰州成立(1952年6月～1969年11月驻西安)。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。1954年5月15日，改称西北军区空军部。1955年5月6日，改称兰州军区空军司令部。1958年8月22日，改称兰州军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月，改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

西北军区空军机关成立后，首先接收并领导原由西北军区领导的2个航空预科总队。1952年5月，组建1个航空兵师。1953年12月，驻西安地区1所航空学校划归西北军区空军司令部领导。1957年4月，驻四川地区空军部队划归兰州军区空军司令部建制(1965年10月，改归成都军区空军指挥所建制)。1962年下半年，驻新疆和田地区和西藏拉萨地区空军部队归兰州军区空军建制(1969年1月，西藏拉萨地区空军部队改归成都军区空军指挥所建制)。1964年11月和1969年11月，先后组建2个空军军部。1975年2月，兰州军区空军辖区空军院校，由空军直属改归兰州军区空军建制。1985年下半年，调整、撤销、合并部分单位。至20世纪末，兰州军区空军发展成为一支包括航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

兰州军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，坚持把思想政治建设摆在首位，大力弘扬艰苦奋斗精神，加强基层建设，保持部队高度稳定和集中统一。随着国防工业的发展，武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，以军事训练为中心，严格训练，严格要求，部队战斗力提高到新水平。

兰州军区空军长期担负西北地区防空作战任务，军区空军机关和部分部队先后执行配合地面部队剿匪、核武器试验等任务，为保卫祖国领空安全和国防科技做出重要贡献。1952年12月～1953年7月，军区空军组织指挥运输机部队执行空投任务，支援陆军部队在甘肃南部地区剿匪作战。1956年5月，组织试航西藏当雄机场成功，开辟北京—西宁—拉萨航线。1959年，奉命统一领导和指挥空军参战部队，配合人民解放军地面部队平息西藏地区武装叛乱。1962年8月～1963年1月，在边境自卫反击作战中，完成空运空投等任务。从1963年开始，多次组织部队参加核试验，完成空投核弹、烟云取样、爆心剂量侦测、空中摄影和其他保障任务。1965年5月14日，空军第36师李源一机组驾驶飞机首次空投原子弹爆炸成功。1967年6月17日，空军第36师徐克江机组驾驶飞机首次空投氢弹试验成功。此外，兰州军区空军部队参加首都国庆阅兵，新型飞机试飞、导弹试射试验，国土航测、抢险救灾等，圆满完成任务。参加地方重点工程建设80多项。军民共建千里铁路文明线，人工增雨，飞播造林，成果丰硕。

兰州军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。空军第8飞行学院安全飞行25年，被中央军委两次记集体一等功。中央军委授予荣誉称号的有："模范气象导航站"，"科研试飞英雄"滑俊、王昂，"试飞英雄"黄炳新。空军授予荣誉称号的有："昆仑山上好四站"、"神威大队"、"精神文明建设好六连"、"英雄试飞大队"，"雷锋式的飞行员"王冠扬、"模范义务兵"张军、"模范指导员"王全洲、"空军模范飞行教员"弓晋强等。

历任司令员：罗元发、杨焕民、刘懋功、徐登昆、刘志田、孙景华、马占民、刘顺尧、李永德、马晓天、黄恒美、贾永生；历任政治委员：关盛志、刘镇、王平水、魏志明、杨永斌、郑宝森、臧穗、刘振起、王全相。（罗柏轩）

Xibei Junqu Kongjun Silingbu

西北军区空军司令部 (Air Force Headquarters of the Northwest Military Area Command) 见兰州军区空军。

Jinan Junqu Kongjun

济南军区空军 (Air Force of the Jinan Military Area Command) 中国人民解放军空军驻济南军区的战役军团。归空军建制，受空军、济南军区双重领导。领导和指挥驻山东、河南省空军部队。主要担负本区防空作战，空中进攻作战，协同陆、海军作战等任务。

1967年6月1日，中央军委批准，将空军第6军军部扩编为中国人民解放军济南军区空军。9月15日，正式行使军区空军职权。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部。1970年2月，工程部撤销。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月，改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

济南军区空军成立后，空军第6军所辖驻山东省和徐海地区部队划归济南军区空军建制。1975年2月，济南军区空军辖区1所航空学校，由空军直属改归济南军区空军建制。1978年10月，所属航空学校和驻徐海地区部队划归南京军区空军建制。1985年下半年，武汉军区空军撤销后，驻河南省空军部队、院校划归济南军区空军建制；调整、撤销、合并部分单位。至20世纪末，济南军区空军发展成为一支由航空兵、地空导弹兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

济南军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，坚持人民军队性质和宗旨，大力加强思想政治工作和基层建设，保持部队高度稳定和集中统一。随着国防工业的发展，武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，贴近实战，严格训练，严格

要求，部队战斗力提高到新水平。

济南军区空军长期担负辖区内防空作战任务，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1971年12月30日，空军航空兵第5师团长杨国祥驾驶飞机执行空投原子弹试验任务，由于投弹系统故障，在地面指挥员正确指挥下，勇敢沉着地驾机载弹安全着陆。排除故障后，于1972年1月7日空投原子弹试验成功。此外，济南军区空军部队遂行黄河炸凌防洪、唐山抗震救灾、抢救被黄河水围困的胜利油田、青岛黄岛油库灭火、人工增雨、飞播造林，以及援建胜利油田机场、徐州观音机场等，为抢救人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

济南军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。中央军委授予荣誉称号的有："飞行安全红旗独立大队"。空军授予荣誉称号的有："读书育人模范连"、"拥政爱民模范营"、"模范强击机飞行大队"、"尊干爱兵模范雷达站"、"优质安全模范机务大队"，"忠于职守勇于献身的优秀干部"周士林、"模范飞行大队长"孙文庆等。

历任司令员：吴宗先、王子祥、林基贵、吴光宇、韩瑞阶、郭玉祥、何为荣、刘忠兴；历任政治委员：李勃、关盛志、王平水(第二政治委员)、张雍耿、张振先、杨汉文、张汉平、冯永生、王吉连、芮清凯。

（罗柏轩）

Nanjing Junqu Kongjun

南京军区空军 (Air Force of the Nanjing Military Area Command) 中国人民解放军空军驻南京军区的战役军团。归空军建制，受空军、南京军区双重领导。领导和指挥驻江苏、浙江、安徽、福建、江西、上海6省、市空军部队。主要担负本区防空作战，空中进攻作战，协同陆、海军作战等任务。

1950年5月30日，中央军委批准，将华东军区司令部航空处扩编为中国人民解放军华东军区空军司令部。8月1日，在南京成立。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。9月，移驻上海与上海防空司令部合并，称华东军区空军司令部兼上海防空司令部。12月，与上海防空司令部分编并迁回南京，仍称华东军区空军司令部。1954年5月15日，改称华东军区空军部。1955年5月6日，改称南京军区空军司令部。1957年9月5日，与南京军区防空军合并为南京军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月改称装备技术部，1998年12月整编为装备部。1985年9月，南京军区空军与福州军区空军合并整编为南京军区空军。

华东军区空军机关成立后，首先接收并领导原由华东军区领导的笕桥航空预科总队和人民空军第一支航空兵部队——空军第4混成旅。1950年10月～1951年10月，组建8个航空兵师等，分驻山东、江苏、安徽、浙江、上海5省、市。1952年8月和1953年3月，先后组建2个空军军部。1955年3月，随着全国军区重新划分，驻山东省空军部队划归华北军区空军建制，驻江西省空军部队由中南军区空军划归华东军区空军建制。1957年6月，驻福建省防空军部队划归南京军区空军建制。8月，南京军区防空军所辖部队、学校划归南京军区空军建制。1959年5月，驻江西省空军部队划归福州军区空军建制。1975年2月，南京军区空军辖区空军院校，由空军直属改归南京军区空军建制。1976年1月，撤销1个空军军部。1985年下半年，福州军区空军机关整编为空军军部，归南京军区空军建制；调整、撤销、合并部分单位。至20世纪末，南京军区空军发展成为一支包括航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、电子对抗兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

南京军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，继承和发扬人民解放军优良传统和作风，加强思想政治工作和基层建设，保持部队高度稳定和集中统一。随着国防工业的发展，武器装备得到改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，广泛深入地开展群众性科技练兵活动，加强合成训练和战术技术训练，部队战斗力提高到新水平。

南京军区空军长期担负华东地区防空作战任务，军区空军机关和部分部队先后参加抗美援朝作战和配合陆、海军解放一江山岛等，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1951年7月，军区空军司令员聂凤智率领机关人员，开赴辽东省东丰(今吉林东丰)，组建中朝空军联合轰炸机指挥所，同年12月撤销。1952年7月，聂凤智司令员率领机关558人，开赴辽东省安东(今辽宁丹东)，接替中国人民志愿军空军指挥机构的作战指挥任务，至1953年12月归建。空军第2、第10、第12、第16师先后参加抗美援朝作战，击落以美军为首的"联合国军"飞机62架、击伤18架。空军第2师大队长徐怀堂、副大队长王天保各击落美国空军F-86型飞机1架，开创志愿军空军以活塞式飞机击落喷气式飞机先例。1954年8月～1955年1月，在解放一江山岛作战中，军区空军奉命组成空军前线指挥所，统一指挥参战的空军、海军航空兵部队，击沉、击伤台湾当局军舰5艘，摧毁一江山岛炮兵阵地、火力点和指挥机构，为地面部队渡海登陆作战创造了有利条件。在国土防空作战中，南京军区空军部队多次击落、击伤美国人侵和台湾当局人窜大陆袭扰、侦察的飞机。1952年9月20日，空军第2师飞行员何中道、李永年在上海地区击落美国空军B-29型飞机1架，取得空军航空兵执行国土防空作战任务的首次战果。1956年6月23日，空军第12师团长鲁珉击落台湾当局空军人窜大陆的B-17型飞机1架，首创国土防空作战航空兵夜间击落敌机的纪录。1968年1～3月，空军第3师作战小分队在云南蒙自地区，连续击落美国无人驾驶高空侦察机3架。此外，南京军区空军部队参加首都国庆阅兵、科研试飞、诸军兵种演练等，圆满完成任务。执行抗洪抢险等任务，为保护国家和人民生命财产做出贡献。

南京军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。空军航空兵第3师1983年3月～1993年3月，连续10年杜绝等级飞行事故，被中央军委记集体一等功。空军授予荣誉称号的有："王海中队"、"英雄炮四班"、"精神文明模范连"、"模范飞行大队"、"神勇大队"、"先锋强击大队"，"二级战斗英雄"王天保、郑长华、张伟良、宋宗周、刘建汉，"轰炸射击尖兵"王永贵、"模范机械师"徐亚东、"模范飞行大队长"童天云、"模范飞行员"崔文戈等。

历任司令员：聂凤智、陈华堂、刘懋功、杨焕民、袁彬、姜玉田、孙景华、谢德财、卢登华、马晓天、刘成军、江建曾；

历任政治委员：王集成、佘立金、江腾蛟、廖冠贤、萧前、李中权(第二政治委员)、郑竹波、赵昭、杜玉福、施志清、沙显明、孙俊哲、尹庆立。

（罗柏轩）

Huadong Junqu Kongjun Silingbu

华东军区空军司令部 (Air Force Headquarters of the East China Military Area Command) 见南京军区空军。

Guangzhou Junqu Kongjun

广州军区空军 (Air Force of the Guangzhou Military Area Command) 中国人民解放军空军驻广州军区的战役军团。归空军建制，受空军、广州军区双重领导。领导和指挥驻湖北、湖南、广东、广西、海南5省、自治区空军部队。主要担负本区防空作战，空中进攻作战，协同陆、海军作战等任务。

1950年7月27日，中央军委批准，成立中国人民解放军中南军区空军司令部。9月24日，以中南军区司令部航空处和陆军第51军军部为基础，在武汉成立。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。1954年5月15日，改称中南军区空军部。1955年5月6日，改称广州军区空军司令部并移驻广州。1957年5月20日，与广州军区防空军合并为广州军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部，1993年9月，改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

中南军区空军机关成立后，迅速组建部队。1950年11月～1952年12月，组建5个航空兵师和基地等部队，分驻广东、广西、湖南、湖北、河南、江西6省、自治区。1954年5月，成立空军广州指挥所(1955年6月撤销)。1955年3月，随着全国军区重新划分，驻江西省空军部队划归华东军区空军建制；7月，驻湖北、河南省空军部队划归武汉军区空军建制。1957年8月，广州军区防空军部队划归广州军区空军建制。1962年6月和1969年3月，先后将2个军级指挥所整编为2个空军军部。1976年1月，撤销1个空军军部。1985年下半年，武汉军区空军撤销后，驻湖北省空军部队、院校划归广州军区空军建制；调整、撤销、合并部分单位。1993年1月，空降兵部队改归空军直接建制领导。至20世纪末，广州军区空军发展成为一支包括航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

广州军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，贯彻人民解放军建军方针、原则，加强思想政治建设和基层建设，保持部队高度稳定和集中统一。武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，以军事训练为中心，从难从严进行训练，部队战斗力提高到新水平。

广州军区空军长期担负华南地区防空作战任务，军区空军机关和部分部队先后参加出国支援作战和边境自卫还击作战等，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1951年7月，军区空军副政治委员吴富善率领机关人员，开赴辽西省开原(今辽宁开原)，与华北军区空军机关抽调的人员一起，组建中朝空军联合冲击机指挥所，同年12月撤销。在国土防空作战中，广州军区空军部队多次击落、击伤美国入侵和台湾当局入窜大陆侦察、袭扰的飞机。1958年7月29日，空军第18师第54团1大队在广东汕头地区击落台湾当局空军F-84型飞机2架、击伤1架，取得3：0战果。1965年10月5日，空军第9师副中队长张运宝在广西凭祥地区击落美国RA-3D型飞机1架。1967年4月24日，空军高射炮兵第10师和航空兵第26师密切协同，在广西板兴地区各击落美国F-4B型飞机1架。此外，广州军区空军部队参加粤东抗登陆演习、首都国庆阅兵等，圆满完成任务。参加抗洪抢险、空运空投、森林灭火、人工增雨等，为保护人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

广州军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。中央军委或国防部授予荣誉称号的有："航空兵英雄中队"、"卫国英雄营"、"科技练兵先锋飞行大队"，"共和国卫士"周家柱、游德高，"抗洪英雄"高建成、"勇于牺牲奉献的好战士"黄勇。空军授予荣誉称号的有："通信部队尖兵连"、"场道维护模范连"、"友谊关精神文明雷达站"、"抗洪抢险模范飞行大队"、"抗洪抢险英雄营"，"爱民模范"王文成、"无私奉献的模范干部"邓和平，"卫国勇士"王好新、窦建利，"模范飞行大队教导员"吴朝安、"模范指导员"万双林等。

历任司令员：刘震、曹里怀、吴富善、王璞、王海、于振武、武继元、刘鹤翘、杨正刚、韩瑞阶、卢登华、高守维；历任政治委员：吴富善、刘锦平、龙道权、朱云谦、任球、刘锋、张振先、赵炳耀、王吉连、朱永清。

（罗柏轩）

Zhongnan Junqu Kongjun Silingbu

中南军区空军司令部 (Air Force Headquarters of the Central and South China Military Area Command) 见广州军区空军。

Chengdu Junqu Kongjun

成都军区空军 (Air Force of the Chengdu Military Area Command) 中国人民解放军空军驻成都军区的战役军团。归空军建制，受空军、成都军区双重领导。领导和指挥驻四川、云南、贵州、重庆、西藏5省、市、自治区空军部队。主要担负本区防空作战，空中进攻作战，协同陆军作战等任务。

1985年8月15日，中央军委批准，成都军区空军指挥所与昆明军区空军指挥所合并，整编为中国人民解放军成都军区空军。9月9日，在成都成立。机关设司令部、政治部、后勤部、航空工程部。1993年9月，航空工程部改称装备技术部，1998年12月，整编为装备部。

成都军区空军成立后，成都、昆明军区空军指挥所部队归成都军区空军建制领导。同时，调整、撤销、合并部分师、团级单位，在昆明成立成都军区空军前方指挥所。1987年6月，该指挥所改称空军昆明指挥所，归成都军区空军建制，统一领导驻滇空军部队。至20世纪末，成都军区空军发展成为一支由航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。

成都军区空军坚持中国共产党对军队绝对领导，加强思想政治建设和基层建设，保持部队高度稳定和集中统一。武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持以战斗力为标准，以军事训练为中心，严格训练，严格要求，部队战斗力提高到新水平。担负西南地区的作战任务、日常战备和各项保障工作，为保卫祖国领空安全做出

重要贡献。1985年12月，派出直升机飞越“世界屋脊”抗雪救灾。1987年5月，紧急组织空军部队入藏。这是人民解放军历史上高原地区规模最大的空运。参加首都国庆阅兵、科研试验等，圆满完成任务。执行抗洪抢险、抗震救灾、飞播造林等任务，为保护人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

成都军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。中央军委授予荣誉称号的有：“甘巴拉英雄雷达站”。空军授予荣誉称号的有：“模范机务大队”、“机务维护尖兵”和“模范飞行员”梁有义等。

历任司令员：侯书军、谢德财、黄恒美、汪超群、方殿荣；历任政治委员：冯应山、华皓、邵荣棠、林万海、郭玉祥、朱永清、冯永生、刘亚洲、王玉发。

（罗柏轩）

Wuhan Junqu Kongjun
武汉军区空军 (Air Force of the Wuhan Military Area Command) 中国人民解放军空军驻武汉军区的战役军团。归空军建制，受空军、武汉军区双重领导。领导和指挥驻湖北、河南省空军部队。主要担负本区国土防空和协同地面部队作战等任务。

武汉军区空军机关前身为西南军区空军司令部。1950年9月20日，中央军委批准，以西南军区司令部航空处为基础，成立中国人民解放军西南军区空军司令部。22日，在重庆成立。11月28日，移驻成都。归空军建制，受空军、西南军区双重领导。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部、干部管理部。西南军区空军机关成立后，接收并领导原由西南军区领导的成都航空机械预科总队，组建空军第一个运输航空兵团和空军第一个运输航空兵师等。1954年5月15日，改称西南军区空军部。

1955年5月6日，国防部命令，西南军区空军司令部移驻武汉，改称武汉军区空军司令部。7月1日，机关由西南军区空军机关与空军广州指挥所合并组成并开始办公，设司令部、政治部、干部部、工程部、后方勤务部、财务处、军法处和直属政治部。1958年8月22日，改称武汉军区空军。1970年2月，军区空军机关整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部。1985年9月，武汉军区空军分别与广州、济南军区空军合并，整编为广州军区空军、济南军区空军。武汉军区空军机关整编为军级指挥所，归广州军区空军建制。武汉军区空军番号撤销。

武汉军区空军成立后，原中南军区空军所辖湖北、河南省部队划归武汉军区空军建制。1957年8月，驻武汉地区防空军高射炮兵、雷达兵部队划归武汉军区空军建制。1961年6月，空降兵部队划归武汉军区空军建制。1975年2月，武汉军区空军辖区空军院校，由空军直属改归武汉军区空军建制。1985年9月，武汉军区空军驻湖北省部队划归广州军区空军建制，驻河南省部队划归济南军区空军建制。

武汉军区空军历经30多年建设，发展成为一支由航空兵、高射炮兵、地空导弹兵、空降兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。坚持中国共产党对军队绝对领导，继承和发扬人民解放军优良传统和作风，加强思想政治工作，保持部队高度稳定和集中统一。随着国防工业的发展，武器装备不断改善，较为先进的飞机和地空导弹等陆续装备部队。坚持从难从严从实战需要出发进行训练，部队军事素质和战斗力不断提高。

武汉军区空军长期担负辖区内的防空作战任务，部分部队曾执行支援地面部队进军西藏、配合地面部队剿匪、支援东南沿海地区作战和核武器试验等任务，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1950年4月～1952年11月，西南军区空军部队在康藏高原开辟空中航线25条，向康定、甘孜、昌都、太昭等地进藏部队空投各种物资，有力支援了地面部队进军西藏的行动。1952年7～8月，配合陆军部队对川西黑水地区的土匪进行清剿。1952年12月～1953年7月，配合陆军部队在甘肃南部地区剿匪。1956年5月26日，空军第13师韩琳机组试航西藏当雄机场成功，开辟北京——西宁——拉萨航线。1964年10月16日，空军第13师郭洪礼机组圆满完成原子弹爆炸烟云取样任务。武汉军区空军部队还先后参加抗震救灾、抗洪抢险、人工增雨、飞播造林、航空物探等，为抢救人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

武汉军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。中央军委授予荣誉称号的有：“学习雷锋的光荣标兵”朱伯儒。空军授予荣誉称号的有：“昆仑雄鹰”、“忠于职守勇于献身保证安全的模范机组”、“从严治军文明带兵特功八连”，“优秀女飞行员”诸惠芬、“无私无畏的英雄”杨梓云、“模范连长”林树奎、“雷锋式的志愿兵”徐宏福等。

历任司令员：傅传作、刘存信、李永泰、武继元；历任政治委员：余非、龙道权、萧前、廖冠贤、康星火。

（罗柏轩）

Xinan Junqu Kongjun Silingbu
西南军区空军司令部 (Air Force Headquarters of the Southwest Military Area Command) 见武汉军区空军。

Fuzhou Junqu Kongjun
福州军区空军 (Air Force of the Fuzhou Military Area Command) 中国人民解放军空军驻福州军区的战役军团。归空军建制，受空军、福州军区双重领导。领导和指挥驻福建、江西省空军部队。主要担负本区国土防空和协同陆、海军作战等任务。

1958年7月，中央军委决定，空军航空兵部队进驻福建。8月25日，国防部命令，以空军第1军指挥机构为基础，成立中国人民解放军福州军区空军。30日，在福建晋江成立(1960年6月移驻福州)。机关设司令部、政治部、干部部、后方勤务部、工程部、高射炮兵指挥部、雷达兵部。1970年2月，整编为司令部、政治部、后勤部。1976年2月，增设航空工程部。1985年9月，福州军区空军与南京军区空军合并，整编为南京军区空军。福州军区空军机关整编为空军军部，归南京军区空军建制。福州军区空军番号撤销。

福州军区空军成立后，驻福建省空军高射炮兵、雷达兵部队等划归福州军区空军建制，轮战航空兵部队归福州军区空军领导指挥。1959年5月，驻江西省空军部队划归福州军区空军建制。1960年2月，成立福州军区空军福州指挥所(同年6月移驻晋江，改称福州军区空军晋江指挥所)。1962年6月，该指挥

所整编为空军军部，1976年1月撤销。1978年10月，成立空军漳州指挥所。1985年9月，空军漳州指挥所撤销；福州军区空军所辖部队划归驻福州的空军军部建制。

福州军区空军历经27年建设，发展成为一支由航空兵、高射炮兵、地空导弹兵、雷达兵、通信兵和其他专业兵组成的合成军队。坚持中国共产党对军队绝对领导，加强思想政治工作，保持部队高度稳定和集中统一。根据台海局势等对部队进行形势与任务教育，激励斗志，培养英勇顽强、敢打必胜的战斗作风。坚持从难从严从实战需要出发进行训练，部队军事素质和战斗力不断提高。

福州军区空军长期担负东南沿海地区防空作战任务，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。1958年下半年，组织指挥航空兵和高射炮兵部队等，夺取福建地区制空权，为配合陆、海军炮击金门和对金门岛进行封锁创造了有利条件。1958～1985年，接收其他军区空军130余个歼击航空兵团入闽轮战。组织指挥部队以反空中侦察为主的防空作战，先后击落、击伤台湾当局入窜大陆袭扰、侦察的飞机17架。1961年8月2日，空军高射炮兵第105师在福州地区击落台湾当局空军RF-101型飞机1架。1963年6月20日凌晨，空军第24师副大队长王文礼在江西临川地区击落台湾当局空军P-2V型电子侦察机1架。1967年1月13日，空军第24师飞行员胡寿根在福建晋江地区击落台湾当局空军F-104G型飞机1架。此外，福州军区空军部队参加护渔护航、抢险救灾、航空物探等，为保护人民生命财产和支援国家经济建设做出贡献。

福州军区空军在保卫和建设祖国、加强军队建设中，涌现一批先进单位和英雄模范人物。中央军委或国防部授予荣誉称号的有："爱兵模范"王裕昌、"一心为革命的好飞行员"孙安定。空军授予荣誉称号的有："八二战斗神炮连"、"拥政爱民模范连"、"千里眼雷达站"、"爱民模范连"、"一心为飞行服务的好空勤灶"，"夜空猎手"王文礼、"空军学习毛主席著作尖兵"丰福生、"雷锋式的战士"李宗社。

历任司令员：聂凤智、陈华堂、谢斌、杨思禄、侯书军；历任政治委员：李世安、韦祖珍、黄玉昆、王静敏、张希庸、冯应山。（罗柏轩）

Kunming Junqu Kongjun Zhihuisuo
昆明军区空军指挥所 (Air Force Command Post of the Kunming Military Area Command) 中国人民解放军空军驻昆明军区的战役战术军团。归空军建制，受空军和昆明军区双重领导。领导和指挥驻云南、贵州省空军部队。主要担负昆明战区国土防空和支援陆军作战等任务。

1960年8月1日，在昆明成立中国人民解放军昆明军区空军指挥所。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部。1976年4月15日，昆明军区空军指挥所改称空军第5军。1978年11月1日，恢复昆明军区空军指挥所番号。1985年9月，与成都军区空军指挥所合并整编为成都军区空军。

昆明军区空军指挥所经过20多年的建设，发展成为一支由航空兵、地空导弹兵、雷达兵和其他专业兵组成的合成军队。1965年底至1968年，组织指挥入滇轮战的航空兵部队击落美国入侵无人驾驶高空侦察机7架。1979年，配合陆军在实施边境自卫还击作战。1981～1985年，配合陆军部队进行边境防御作战，担负空中侦察、空中掩护、空运伤员和反侦察等任务。为保卫祖国领空安全做出重要贡献。积极支持地方经济建设，多次完成抗震、抗洪以及飞播造林、人工增雨等任务。涌现出一批先进单位和模范人物。有昆明军区授予"侦察英雄分队"称号的空军某团战勤分队，空军授予"雷锋式的指导员"称号的任长述等。

历任主任(军长)：刘懋功、马杰三、李向民、侯书军、宋占元；历任政治委员：崔文斌、任敬汤、李发应、李建明、王培禄。（翟 洪）

Chengdu Junqu Kongjun Zhihuisuo
成都军区空军指挥所 (Air Force Command Post of the Chengdu Military Area Command) 中国人民解放军空军驻成都军区的战役战术军团。归空军建制，受空军和成都军区双重领导。领导和指挥驻四川、西藏地区空军部队。主要担负原成都战区国土防空和支援陆军作战等任务。

1965年10月20日，在成都成立中国人民解放军成都军区空军指挥所。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部。驻四川省空军部队划归其领导指挥。1969年1月，驻西藏地区空军部队划归成都军区空军指挥所建制。1976年4月15日，成都军区空军指挥所改称空军第8军。1978年11月1日，恢复成都军区空军指挥所番号。1985年9月，与昆明军区空军指挥所合并整编为成都军区空军。

成都军区空军指挥所经过20年的建设，发展成为一支由航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵和其他专业兵组成的合成军队。完成日常战备、训练任务。组织保障歼击、轰炸、运输以及直升机等多机种、机型在西藏高原试航、驻训。为保卫祖国领空安全做出重要贡献。多次完成抢险救灾、科学试验等任务，积极支援地方经济建设。涌现出被空军授予"战胜饥寒保护兵器的好战士"荣誉称号的曾志明等模范人物。

历任主任(军长)：高厚良、武继元、辛殿枫、贺毓本；历任政治委员：丁钊、张希庸、张翼、郑竹波、杨汉文。（翟 洪）

Wulumuqi Junqu Kongjun Zhihuisuo
乌鲁木齐军区空军指挥所 (Air Force Command Post of the Wulumuqi Military Area Command) 中国人民解放军空军驻乌鲁木齐军区的战役战术军团。归空军建制，受空军和乌鲁木齐军区双重领导。领导和指挥驻新疆地区空军部队。主要担负本区国土防空和支援陆军作战等任务。

1979年5月1日，新疆军区空军指挥所改称乌鲁木齐军区空军指挥所。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部。1985年8月，整编为空军乌鲁木齐指挥所，归兰州军区空军建制。

乌鲁木齐军区空军指挥所由航空兵、地空导弹兵、雷达兵部队和其他专业兵组成，担负新疆地区防空作战任务，为保卫祖国领空安全做出重要贡献。多次参加核试验、抢险救灾等，积极支援地方经济建设。涌现出一批先进单位。有中央军委记集体一等功的空军第8航空学校，空军授予荣誉称号的"扎根天山好十连"等。

历任主任：宋连弟、由光宇；历任政治委员：李刚、杨永斌、杨英昌。（翟 洪）

Kongjun Di-4 Hunchenglü

空军第4混成旅 (Air Force 4th Combined Brigade) 中国人民解放军空军第一支由歼击、强击、轰炸机部队混合编成的航空兵部队。1950年4、5月，空军两次向中央军委报告，为探索各类航空兵部队训练和作战指挥经验，并为以后部队扩编和发展创造条件，建议组建第一支航空兵部队，由不同机种的航空兵团组成，取名为中国人民解放军空军第4混成旅，其用意是继承、发扬毛泽东在井冈山创建红4军的光荣传统。经中央军委批准，6月19日，该旅旅部以第三野战军第9兵团第30军第90师师部为基础，在南京组建。由华东军区空军司令员聂凤智兼任旅长，李世安任政治委员。机关设司令部、政治部、供应处和航空工程处。辖驱逐(后改称歼击)第10、第11团，轰炸第12团、冲击(后改称强击)第13团。驱逐第10团，于6月9日以步兵第116师第348团团部为基础，在徐州组建，主要装备米格-15型驱逐机，是中国人民解放军空军第一个装备喷气式驱逐机的战斗团。驱逐第11团和轰炸第12团，于6月23日在南京组建。驱逐第11团，以华东军区南京警备第102师第306团团部、第304团部分人员为基础组建，主要装备拉-11型驱逐机。轰炸第12团，以华东军区上海警备第100师第299团团部为基础组建，主要装备图-2型轰炸机。冲击第13团，于8月1日以华北军区步兵独立第206师第616团团部为基础，在徐州组建，主要装备伊尔-10型冲击机。飞行员由各航校速成班和一期甲班提前毕业的学员组成。8月8日，旅部移驻上海。在苏联顾问帮助下，经过突击训练，10月19日零时起，开始担负上海地区防空任务。26日，该旅改称空军驱逐第4旅，空军驱逐第3旅所属第7团划归第4旅建制。驱逐第11团、轰炸第12团和冲击第13团陆续调归其他部队建制。11月2日，该旅改称空军第4师。

(翟 洪)

Kongjun Luzhan Di-1 Lü

空军陆战第1旅 (Air Force 1st Land Battle Brigade) 中国人民解放军第一支空降兵部队。1950年4月17日，中央军委决定，从陆军部队抽调一批战斗英雄及模范班、排干部和政治可靠、作战勇敢、表现较好的优秀战士组建一支空军陆战队。7月26日，在上海组建，称中国人民解放军空军陆战第1旅。旅部以第三野战军第9兵团第30军第89师师部为基础组成。旅长王建青。8月1日，旅部移驻河南开封。9月16日，召开成立大会。机关设司令部、政治部、炮兵司令部、技术处、医务处和供应处，辖狙击、坦克、迫击炮、战防炮等7个营及高射机枪连等，共5 000余人。经过地面突击训练，9月29日，在开封市郊进行第1次飞机跳伞训练，62名干部、战士全部安全着陆。11月，由原国民党伞兵第3团起义人员改编的华东军政大学伞兵总队近400人调入该旅。1951年3月14日，该旅女翻译沈元珍、李朝旭、毛镇夷、凌冲垚4人跳伞成功，成为中华人民共和国第一批女跳伞员。12月，该旅改称空军陆战第1师。

(翟 洪)

Di-yi Ge Gaokong Yunshutuan

第一个高空运输团 (first upper air transportation regiment of the CPLA Air Force) 中国人民解放军空军最早组建的运输航空兵团。1950年3月，中国人民解放军先遣部队进军西藏。到达康定时，因不通公路，供应困难。为支援地面部队，组建西南军区空运队，执行空投空运任务。随着进藏部队向前推进，航线不断延长，空投空运任务逐步增大。为加强空运力量，11月24日，以西南军区空运队为基础，在四川新津组建高空运输团，归西南军区空军司令部建制。下辖3个大队，原空运队改为第1大队，由第2航空学校高空运输训练大队毕业学员编为第2、第3大队，装备C-46型和伊尔-12型运输机。继续担负支援进军西藏的空投任务。1951年4月，高空运输团划归空军第13师建制，改称空军第37团。

(翟 洪)

Kongjun Gaoshepaobing Duli Di-4 Shi

空军高射炮兵独立第4师 (4th Independent Division of the Air Force Anti-Aircraft Artillery Troops) 中国人民解放军空军第一个地空导弹兵师。1964年3月1日，以空军第3训练基地机构为基础，组建中国人民解放军空军高射炮兵独立第4师。归空军建制。师长张伯华，政治委员贺芳齐。机关设司令部、政治部、后勤部、技术部。1967年12月，划归北京军区空军领导指挥。该师所属第2营自1959年成立以来，先后击落台湾当局空军入窜大陆侦察、袭扰的RB-57D型、U-2型高空侦察机共4架和美国无人驾驶高空侦察机1架，曾被国防部授予"英雄营"称号。1965年1月10日晚，该师第1营在内蒙古包头上空，击落台湾当局空军U-2型高空侦察机1架，受到国防部通令嘉奖，荣立集体一等功。1976年1月，空军高射炮兵独立第4师改称空军地空导弹第4师。 (翟 洪)

Zhu Xianggang Kongjun Budui

驻香港空军部队 (CPLA Air Force Troops Stationed in Hongkong) 中华人民共和国中央人民政府派驻香港特别行政区的中国人民解放军空军部队。称中国人民解放军驻香港部队航空兵团。于20世纪90年代组建，设机关、飞行大队、机务大队和场站。1997年7月1日，进驻香港石岗机场。装备直-9型直升机。主要任务是负责香港特别行政区的空中防务，必要时，根据香港特别行政区政府请求，经中央人民政府批准，协助维持社会治安和救助灾害。



中国人民解放军驻香港部队航空兵某部

驻香港航空兵团继承中国人民解放

军光荣传统，自觉遵守国家和香港特别行政区的法律，加强飞行训练，提高部队战斗力，认真履行职责。其官兵实行定期轮换制度。（董长立）

Kongjun Zhihui Xueyuan
空军指挥学院 (Air Force Command College) 中国人民解放军空军培养中、高级指挥军官和参谋军官的指挥院校。空军最高学府。前身是空军学院。校址北京市。

1958年9月12日，国防部命令，以中国人民解放军军事学院空军系为基础，成立中国人民解放军空军学院，执行兵团级权限，直属空军。空军副司令员刘震兼院长和政治委员。1959年9月1日正式开学。设训练部、政治部、院务部、军事科学研究部、办公室，高级速成、基本、领航、政治工作、后勤指挥等5个系和战役法、战术、歼击航空兵、轰炸航空兵、高射炮兵、战斗训练法、外军研究及侦察、通信雷达、领航、航空技术、防空技术兵器、观测通信、后勤保障、后勤专业、军队政治工作、政治理论、文化等17个教授会。任务是：培训、轮训空军中、高级指挥干部。课程主要有：毛泽东军事著作、空军战斗条令、诸军(兵)种合同战役战术、航空兵战术及其相应的勤务保障等。随着教育训练任务的变化，学院的体制编制、培训对象和训练内容等作过多次调整。根据中央军委办事组1969年2月19日批转的《军队院校调整方案》，空军学院于同年10月18日撤销。

遵照中央军委转发全军院校调整领导小组《关于全军恢复和增建41所院校的报告》，1974年10月9日，在原空军学院院址成立空军军政干部学校，执行军级权限，直属空军。主要任务是：轮训空军营、团职军事、政治、后勤指挥干部和部分师职军事指挥干部。1978年1月12日，中央军委决定，空军军政干部学校改称空军学院，执行兵团级权限，直属空军。设训练部、政治部、院务部、研究部，军事、政治、后勤3个系和高级班。主要任务是：培训航空兵师、团职军事指挥干部，团、营职政治干部和后勤干部及各类参谋人员。1986年6月，空军学院改称空军指挥学院。1992年8月，学院调整为军级单位。1999年10月，机关设训练部、政治部、院务部、科研部，辖6个系和战役训练班、军事理论研究所、教学保障队。系辖教研室和学员队。任务是培训、轮训空军中、高级指挥干部和参谋人员，研究生教育和培训外军留学生。其中，培训班开设空军战役指挥、航空兵中级指挥、部队政治工作、后勤中级指挥、通信中级指挥、航空工程中级指挥、参谋业务、指挥自动化和飞行大队政治工作等专业；轮训班开设空军合同战术、参谋业务、政治理论与政治工作等专业；研究生班开设军事思想、空军战略、空军战役、兵种战术、作战指挥、军事运筹、军队管理、军事后勤、政治工作等专业，培养具有硕士或博士学位的胜任指挥、参谋、管理和教学、科研等工作的专门人才。此外，学院还担负外军培训任务，开展本科、研究生函授教育。

至2004年，空军指挥学院取得的主要成绩：①培养3.2万多名军事、政治、后勤等各类指挥干部和参谋人员，培养具有硕士、博士学位的研究生129名。②建立了一支政治素质较高、学术造诣较深、结构合理、适应教学和研究需要的教研人员队伍。③逐步完善了学科专业体系和新型教学体系，形成了以军事思想、空军战略、空军战役、空军战术和空军作战指挥等学科为主体，以部分社会科学和自然科学为基础、部分新兴或交叉学科为分支的、具有中国空军特点的学科专业体系，以培养高素质复合型人才为目标，以学科、课程、教材、教学方法、教学手段、教学管理为重点的新型教学体系。初步实现由培养指挥一般条件下单一兵(机)种作战，向培养指挥高技术条件下多兵(机)种作战的合成型人才的跨越。1990年10月和1996年5月，学院先后获得军事学硕士学位和博士学位的授予权。1995年，学院被确定为中国人民解放军研究生培养单位重点建设院校。空军战术学学科为重点建设学科，空军战役战术综合训练实验室为重点建设实验室。④学术研究成果显著。先后完成国家、军队和空军重点课题300余项，编写、出版专著、译著及各类教材2 500余部，发表学术论文4 500多篇。有50多项教学与科研成果获军队二等以上奖励。⑤坚持开放办学，加强学术交流。先后有美、俄、英、法等60多个国家(地区)的军事代表团来学院访问，学院战役指挥班学员及部分专家、学者定期或不定期地出访美、英、法、澳等国家。

（王叶红）

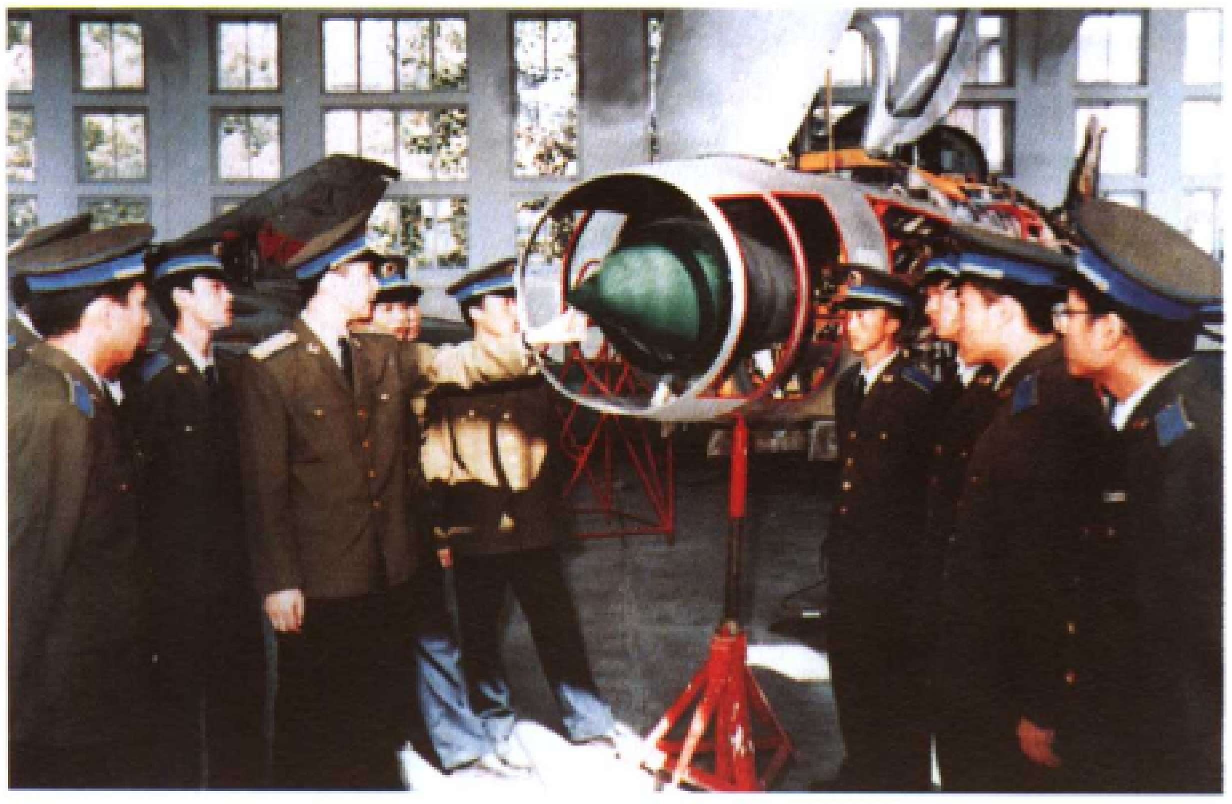


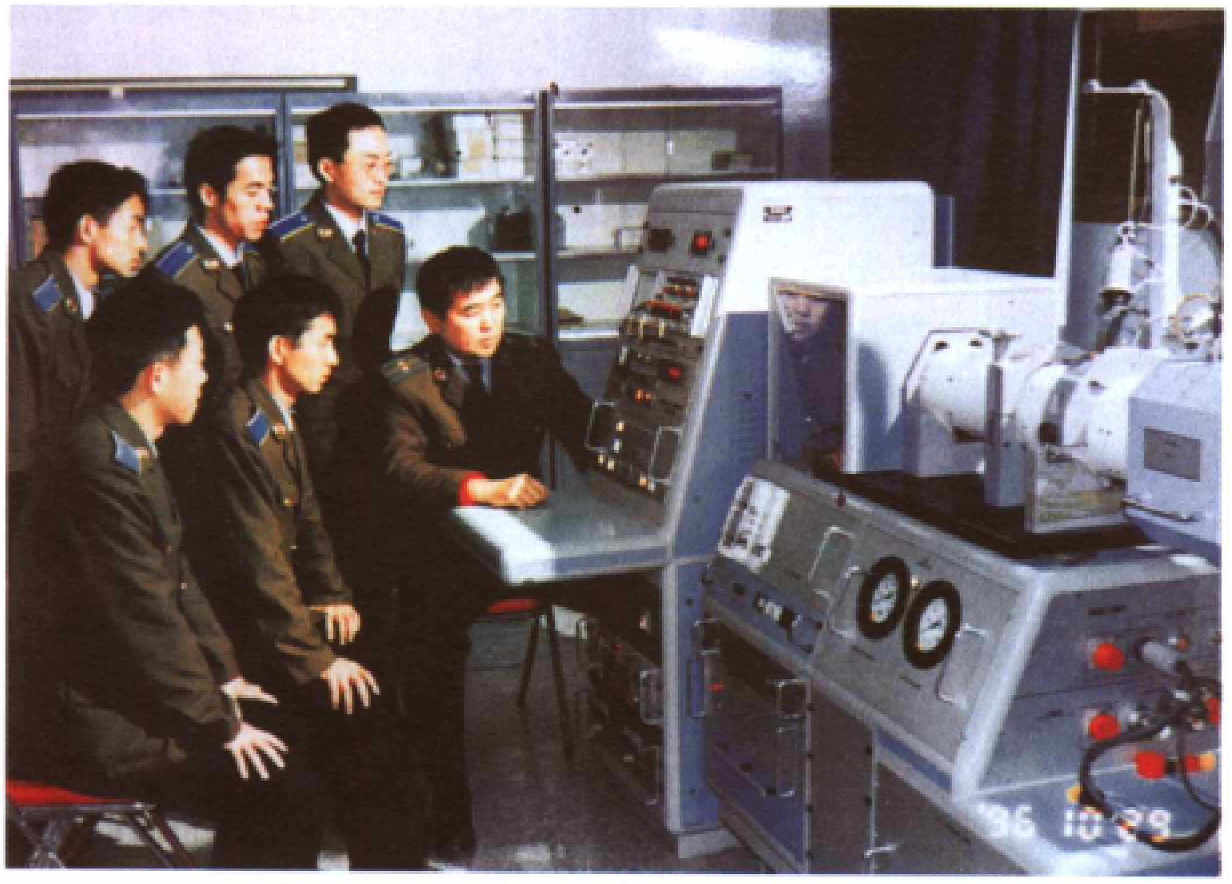
空军指挥学院

Kongjun Xueyuan
空军学院 (Air Force College) 见空军指挥学院。

Kongjun Gongcheng Daxue
空军工程大学 (Air Force Engineering University) 中国人民解放军空军培养航空工程、地空导弹、电子信息等领域专业技术人才和指挥军官的综合性大学。校址陕西省西安市。

1999年7月，由原空军工程学院、空军导弹学院和空军电讯工程学院合并组建而成。刘凤山、蔡凤震先后任校长，杨德康、王鸿生先后任政治委员。原空军工程学院创建于1959年12月，1969年改称空军第1专科学校，1975年恢复原称。原空军导弹学院前身是1958年9月成立的解放军第15航空学校，后多次更改校名，1986年改称空军导弹学院。原空军电讯工程学院前身是1958年5月成立的空军通信学校，1969年撤销，1974年恢复，1986年改称空军电讯工程学院。


空军工程大学学员在学习航空机械



空军工程大学学员在学习航空导弹测试

该校设训练部、政治部、校务部和科研部，下辖工程学院、导弹学院、电讯工程学院和理学院。设有飞行器与动力工程、航空兵器工程、机场建筑工程、航空装备管理工程、雷达工程、计算机工程、导弹工程、防空指挥、导航工程、网络工程、指挥自动化工程、信息对抗、社会科学、应用数学物理、航空情报、电子科学等27个系，下设政治理论、外语、飞机、军械、装备信息管理、制导雷达、计算机、导弹测试、导航原理、微波通信、指挥自动化等84个教研室，69个学员队，以及图书馆、教育技术中心、军事教育研究室等单位。有各类实验(习)室158个，其中3个全军重点实验室。设有5个博士后科研流动站，21个博士学位授权点，37个硕士学位授权点，29个大学本科专业，1个国家重点学科，5个全军重点学科。有教员1 400余名，其中教授、副教授等高级专业技术职务教员610余名，硕士、博士生导师455名，有37人次被授予国家"有突出贡献的中青年专家"和全国、全军优秀教师等荣誉称号。

该校以中央军委新时期军事战略方针为依据，坚持规模化办校、现代化教学、正规化管理、社会化保障，教学与科研并重。成立5年来，为空军部队输送各类人才31 116名，完成重大研究课题1 068项。获国家优秀教学成果二等奖1项，军队优秀教学成果一等奖5项；国家科技进步一等奖2项、二等奖2项，军队科技进步一等奖13项、二等奖59项；全军军事理论研究成果二、三等奖各1项。发表学术文章3 217篇。出版有《空军工程大学学报》等3种刊物。

(蔡凤宸)

Kongjun Gongcheng Daxue Gongcheng Xueyuan

空军工程大学工程学院 (Air Force Engineering University Engineering College)

中国人民解放军空军工程大学下属学院之一。前身是空军工程学院。主要任务是培养空军航空装备建设和技术保障、机场建筑工程等专业技术军官，对空军装备系统在职干部进行继续教育训练。校址陕西省西安市。

1957年12月，成立中国人民解放军空军工程学院。执行军级权限，归空军建制。空军副司令员常乾坤兼任院长，韦祖珍任政治委员。机关设训练部、政治部、院务部、办公室，辖飞机发动机系、军械系、特设系、无线电系、机场建筑系。1969年2月，改称空军第1专科学校。1975年，恢复原名。1999年7月，与空军导弹学院、空军电讯工程学院合并组建空军工程大学，更名为空军工程大学工程学院。学院设训练部、政治部、院务部，下辖飞机与发动机工程系、航空兵器工程系、航空自动控制工程系、航空电子工程系、机场建筑工程系、航空装备管理工程系、外语系、新装备训练系和外训系。学历培训层次为大学本科、硕士研究生、博士研究生。面向社会和空军部队招生。有12个本科专业，15个硕士学位授权专业，2个博士学位授权专业，1个博士后科研流动站。1985年，招收首届硕士研究生。1986年批准为硕士学位授权单位，1990年批准为博士学位授权单位，1996年批准设立博士后流动站。

至2000年，学院有教员600余名，其中正、副教授180余名，全国、全军优秀教师10余名。全院有各类实验室75个，其中飞机推进系统实验室为军队重点建设实验室，战斗机综合仿真实验室、航空检测实验室、信号与信息处理实验室为军队院校重点建设实验室。图书馆藏书60万册。建有计算机中心、网络管理中心、信息检索咨询中心、电化教育中心和飞机实习场、军事体育训练场等。成为空军重要的人才培养基地、装备科研基地和技术支援基地。以培养高素质、复合型军事人才为目标，共培养各类专业技术人才近3万名。先后出版100多种教材、专著。共获得国家科技发明奖1项，国家科技进步奖9项，全国科学大会奖5项，军队科技进步奖219项。《工


空军工程大学工程学院

科本科教学改革的研究与实践》，获国家优秀教学成果一等奖。（李瑞迁）

Kongjun Gongcheng Xueyuan
空军工程学院 (Air Force Engineering College) 见空军工程大学工程学院。

Kongjun Gongcheng Daxue Daodan Xueyuan
空军工程大学导弹学院 (Air Force Engineering University Missile College) 中国人民解放军空军工程大学下属学院之一。前身是空军导弹学院。任务是培养空军地空导弹部队和科研院所高、中级工程技术人才和初、中级军事指挥军官。校址陕西省三原市。

1958年9月，国防部批准，空军第8航空预备学校和空军技术学校部分机构及人员在河北保定合并组建中国人民解放军第15航空学校。执行军级权限，归空军建制。王定烈任校长，魏志明任政治委员。任务是为全军培养使用维护地地、地空、岸舰和空空导弹的专业技术人才。1959年5月，迁址陕西三原。先后更名空军高级专科学校、空军第4高级专科学校、空军技术学院、空军第2高级专科学校、空军第二高射炮兵学校、空军第二高射炮兵学院、空军地空导弹学院、空军导弹学院。1999年7月，空军导弹学院与空军工程学院、空军电讯工程学院合并组建空军工程大学，更名为空军工程大学导弹学院。学院设训练部、政治部、院务部，有电磁场与微波技术、军事运筹学、导航制导与控制、通信与信息系统、计算机应用技术、管理科学与工程、兵种战术学、微电子学与固体电子学、光学工程等专业。

1978年，被国务院批准为全国重点高等院校。1986年，获得硕士学位授予权。1996年，获得博士学位授予权。学院发展成为博士研究生、硕士研究生、大学本科、大学专科、中专5个培训层次。电磁场与微波技术、军事运筹学2个学科和防空导弹微波应用、地面防空作战指挥2个实验室为全军院校重点建设的学科和实验室。图书馆藏书44万多册，教室、实验室、实习室118个。

至2000年，学院有教员400余名，其中教授、副教授140余名，涌现国家级中青年专家、全国优秀教师、全国优秀思想政治工作者和全军优秀教员9人。共培养各类人才3万余名。科学研究和学术研究成果获得全国科学大会奖1项，全国教育科学研究优秀成果二等奖1项，国家科技进步三等奖2项，军队科技进步奖101项，军队教学优秀成果奖14项。

（王福田）



空军工程大学导弹学院运用战术模拟系统进行训练

Kongjun Daodan Xueyuan
空军导弹学院 (Air Force Missile College) 见空军工程大学导弹学院。

Kongjun Di-Kong Daodan Xueyuan
空军地空导弹学院 (Air Force Ground-to-Air Missile College) 见空军工程大学导弹学院。

Kongjun Di-2 Gaoshepaobing Xuexiao
空军第二高射炮兵学校 (Air Force Missile School) 见空军工程大学导弹学院。

Kongjun Jishu Xueyuan
空军技术学院 (Air Force Technology College) 见空军工程大学导弹学院。

Kongjun Di-4 Gaoji Zhuanke Xuexiao
空军第4高级专科学校 (Air Force 4th Academy) 见空军工程大学导弹学院。

Kongjun Gongcheng Daxue Dianxun Gongcheng Xueyuan
空军工程大学电讯工程学院 (Air Force Engineering University Telecommunication Engineering College) 中国人



空军工程大学电讯工程学院学员进行外语训练

民解放军空军工程大学下属学院之一。前身是空军电讯工程学院。主要任务是培养空军通信、导航、指挥自动化专业技术人才和初级指挥军官。校址陕西省西安市。

1958年5月，成立空军通信学校。执行师级权限。于德甫任校长，徐宗华任政治委员。1969年撤销，1974年重建。1986年6月，改称空军电讯工程学院。1992年8月，并入中国人民解放军西安通信学院。1993年7月，恢复空军电讯工程学院，归空军建制。1999年7月，与空军工程学院、空军导弹学院合并，组建空军工程大学，更名为空军工程大学电讯工程学院。学院设训练部、政治部、院务部，基础部，导航、地空通信、网络工程、数据通信、指挥自动化、通信指挥、信息对抗、电力电子与仪表测量等系和研究生管理大队、外训队。开设导航、通信、信息、网络、指挥自动化、通信对抗工程、通信技术指挥等本科及专科专业25个。设有通信与信息系统、信号与信息处理、电路与系统、计算机应用技术、军事通信学、作战指挥学、军事装备学等硕士学位授权学科，其中通信与信息系统是全军重点建设学科。培训层次为硕士研究生、大学本科、大学专科。

至2000年，学院有教员近500人，其中具有高级技术职称的占25%，具有博士、硕士学位的占45%。拥有较先进的教学、科研设施，图书馆藏书36万册，实验室和实习室65种156个，各类仪器、仪表和通信导航装备7 000多台(套)。毕业学员3万余名。共获得国家、军队科技进步奖98项，其中，国家科技进步二等奖1项，军队科技进步一等奖2项，军队科技进步二等奖10项；出版专著35部；在国内外学术刊物发表论文2 000余篇。 (孙克兴)

Kongjun Dianxun Gongcheng Xueyuan

空军电讯工程学院 (Air Force Telecommunication Engineering College) 见空军工程大学电讯工程学院。

Kongjun Tongxin Xuexiao

空军通信学校 (Air Force Telecommunication School) 见空军工程大学电讯工程学院。

Kongjun Di-1 Gaoji Zhuanke Xuexiao

空军第1高级专科学校 (Air Force 1st Academy) 中国人民解放军空军培训航空兵部队中级指挥员和航空学校飞行教员的学校。1953年2月19日，在北京南苑成立中国人民解放军空军中级指挥员训练班，隶属于空军司令部。3月，改称空军指挥员训练班。10月26日开学。负责轮训空军航空兵部队营、团级指挥干部，以学习战术为主，有重点地研究部队急需解决的技术问题。1958年9月，改称中国人民解放军高级航空学校，执行军级权限，辖2个飞行训练团、2个学员队。1959年，增加培训航空学校飞行教员和领航、航行调度参谋等任务。1963年3月，改称空军第1高级专科学校，顾同舟任校长、谢雪畴任政治委员。校机关设司令部、政治部、后勤部，辖1个飞行训练团、3个学员队。1968年9月，整编为中国人民解放军第13航空学校，培训歼击(强击)机飞行员。 (王玉柱)

Kongjun Zhihuiyuan Xunlianban

空军指挥员训练班 (Air Force Commander Training Course) 见空军第1高级专科学校。

Kongjun Di-2 Gaoji Zhuanke Xuexiao

空军第2高级专科学校 (Air Force 2nd Academy) 中国人民解放军空军培训高射炮兵、探照灯兵、雷达兵部队营、团级指挥员的学校。由中国人民解放军防空军高级防空学校演变而成。1953年6月，在北京清河成立中国人民解放军防空部队高级防空学校，执行军级权限，隶属于中国人民解放军防空司令部。负责培训防空部队营、团级军事指挥干部和营级以上政治工作干部，轮训防空部队师级以上指挥干部。1955年4月1日开学。8月，改称防空军高级防空学校。1957年7月，改称空军高级防空学校。归空军建制。1963年3月，改称空军第2高级专科学校，梁军任校长、张卓之任政治委员。1964年9月，学校机关设训练部、政治部、校务部，辖5个学员队、1个练习营。1969年10月，该校撤销。 (王玉柱)

Kongjun Qixiang Xueyuan

空军气象学院 (Air Force Meteorology College) 为中国人民解放军培养军事气象专业人才的空军高等技术院校。主要任务是培训天气预报、大气探测、气象雷达、气象信息工程、气象电子工程、气象电子仪器设备维护等气象专业技术干部，轮训气象主任、台长等气象业务管理干部。校址江苏省南京市。

1955年8月，北京气象专科学校移交军队，改称中国人民解放军气象专科学校，归空军建制。郭家洛任校长，董涛任政治委员。1960年4月，改称中国人民解放军气象学校。1963年1月，迁址南京。3月，改称空军第3高级专科学校。1969年2月，改称空军第3专科学校。1975年4月，改称空军气象学校。1979年6月，改称空军气象学院，执行军级权限。1986年10月，设训练部、政治部、院务部、办公室，辖气象系、大气探测系、气象电子工程系和图书馆。招生对象为应届高中毕业生和具有高中毕业文化程度的士兵。

1985年，开始招收硕士研究生。1986年起，先后有天气动力学、大气探测学、应用数学、海洋气象学、应用气象学、流体力学、信号与信息处理等7个学科获得硕士学位授予权。学院具有完善的教学科研设备，较强的师资队伍，为军队培养大批气象专业技术干部和气象业务管理干部。积极开展科学研究工



空军气象学院

作，在中尺度气象学、航空气象学、海洋气象学、大气遥感、气象仪器设备、军事气象保障等方面，取得大批优秀成果。

1999年4月，该院与中国人民解放军通信工程学院、工程兵工程学院合并组建为中国人民解放军理工大学。

（唐万年）

Kongjun Qixiang Xuexiao
空军气象学校 (Air Force Meteorology School) 见空军气象学院。

Kongjun Di-3 Gaoji Zhuanke Xuexiao
空军第3高级专科学校 (Air Force 3rd Academy) 见空军气象学院。

Kongjun Leida Xueyuan
空军雷达学院 (Air Force Radar College) 为中国人民解放军培养雷达及电子对抗专业人才的任职教育院校。前身是空军雷达学校。主要任务是培训雷达及电子对抗专业的技术人员和初、中级指挥军官。校址湖北省武汉市。

1952年10月，经中央军委批准，将中国人民解放军第三通信学校改称中国人民解放军雷达学校，执行师级权限，隶属军委通信兵部，校址南京市。1955年9月，归防空军建制。1957年5月，改称空军雷达技术专科学校，归空军建制。1958年9月，与防空学校合并为中国人民解放军空军雷达兵学校，校址武汉市。1969年11月，改称空军第四专科学校。1975年5月，改称空军雷达学校。1983年7月，改称空军雷达学院。1992年8月，执行军级权限。2004年院校体制编制调整，空军雷达兵训练4团和空军第一航空学院随州士官大队归并到该学院。机关设训练部、政治部、院务部、科研部；教学和科研机构设基础部，预警探测指挥系、预警探测装备系、电子对抗系、信息与指挥自动化系、机电工程系、军械通用装备系、改装训练系，研究生管理大队，宜昌训练大队；编有30个学员队和16个学兵队，49个教研室(实验室、研究室、中心)。设有军队重点学科、重点实验室和博士后科研工作站。开设43种专业。培训层次为博士研究生、硕士研究生、大学本科、大学专科、中专、技术兵。



空军雷达学院

至2004年，学院有教员530多名，其中教授、副教授170多名。共培养各类人才近4万名。1987年，中宣部、国家教委、总政治部、共青团中央联合推广该院改进和加强思想政治工作，培养为社会主义献身的合格人才的经验。1989年，该院培养学员献身国防精神，坚持开展“三到一长期”(到边疆去、到艰苦的地方去、到祖国最需要的地方去，长期为雷达兵部队服务)的教育，获国家级优秀教学成果奖。1993年，学院被中组部、中宣部、国家教委评为“党的建设和思想政治工作先进普通高等院校”。1999年，“培养学员实践能力的研究与实践”课题获全国教育科学优秀成果二等奖。2000年，学院通过全军首批本科教学工作评价，被总部评为“教学优秀单位”。共获得国家发明奖1项、军队科技进步奖100项，军队优秀教学成果一、二等奖10多项；有120多篇论文被国际三大检索收录。

（张小宝）

Kongjun Leida Xuexiao
空军雷达学校 (Air Force Radar School) 见空军雷达学院。

Kongjun Zhengzhi Xueyuan
空军政治学院 (Air Force Politics College) 中国人民解放军空军培养团以下政治军官的指挥院校。主要任务是培养初、中级政治军官和政治工作教学、科研的高级专门人才，并为全军院校、机关、科研单位的图书馆和各级档案部门培养专业人才。校址上海市。

1952年7月，中国人民解放军空军干部学校在河南洛阳成立。归空军建制。执行军级权限。刘镇任政治委员。机关设训练处、校务部、政治部、干部部，辖4个大队。9月，改称空军政治干部学校。1954年9月，改称空军政治学校。空军政治部主任王辉球兼校长。1962年7月，迁址上海市。1974年12月撤销。1978年3月重建。1986年6月，改称空军政治学院。设训练部、政治部、院务部、办公室，辖4个学员大队，图书档案系、图书馆。1992年9月，整编为空军指挥学院分院。1993年6月，恢复为空军政治学院。执行师级权限。



空军政治学院图书馆国际资料联网系统

培训层次为硕士研究生、大学本科、大学专科。专业设置有军队政治工作、师团政治工作、机关政治工作、飞行大队政治工作、基层政治工作、哲学、科学社会主义、图书馆学、档案学等。1999年5月，该院并入中国人民解放军南京政治学院。

空军政治学院建院以来，为空军培养了大批政治军官，为全军培养了一批图书、档案专业人才，并在空军政治理论研究方面取得成果。（杨志生）

Kongjun Zhengzhi Xuexiao
空军政治学校 (Air Force Politics School) 见空军政治学院。

Kongjun feixing xueyuan
空军飞行学院 (Air Force flight college) 中国人民解放军空军培养各类飞行专业人才的指挥院校。主要任务是对已完成基础教育训练的飞行学员，进行航空理论教育及初级教练机、高级教练机飞行技术训练，达到熟练掌握训练大纲规定课目，具有在昼间、夜间简单气象及昼间复杂气象条件下的独立飞行能力。



飞行学员在查资料

1949年12月～1950年1月，组建中国人民解放军第1、第2、第3、第4、第5、第6、第7航空学校。归空军建制，执行师级权限。学员从陆军部队和各军政大学选调。空勤和地勤学员同校合训。1951年5月以后，将各航空学校机械大队抽出，组建第8、第9、第10航空学校，专门培养地勤人员。1966年5月，航空学校发展为15所。1967年，培养地勤人员的4所航空学校改称航空机务学校。到1968年9月，空军共有14所培养飞行人员的航空学校。1976年6月，各航空学校改称空军第×航空学校。1986年6月，10所航空学校改称空军飞行学院，1所改为空军领航学院，1所改为空军飞行试验训练中心，2所撤销。飞行学院设司令部、政治部、后勤部、机务处和初级教练机、高级教练机训练团。1992年，空军领航学院改称空军飞行学院。

航校建校初期，飞行学员主要从陆军部队的优秀基层干部和战士中选调，从1956年起，改为招考地方高、初中应届毕业生为主。80年代后期，空军飞行学员的招收纳入全国高等学校统一招生序列，培训具有大学本科学历、军事学学位的飞行学员。1951年开始培训女飞行员。飞行学院还承担为海军、陆军航空兵部队及民航培训飞行人员的任务。有的还为外军培训飞行专业技术人员。

90年代以后，空军飞行院校根据新时期军队建设与发展需要，建立与现代高等教育相适应的培训体制，培养掌握新式武器装备和现代军事理论、适应高技术条件下遂行空中作战任务的飞行人员。与航空兵训练基地衔接，增加新技术、新装备、新作战理论等内容。教学内容注重系统科学知识和现代技术，把合成教育贯穿培训全过程，加强基础课教学，提高课程起点，使学员打下坚实的科学文化知识基础，又尽可能多接触一些前沿学科领域知识。教练机进行更新换代；对军事专业教室、实验室、实习室不断改进和完善，增添一定数量现代化教学设备、模型和多媒体组合教学系统；建立图书馆、校园网络系统。应用模拟训练器材开展训练，使训练质量和效益明显提高。重视飞行指挥员、飞行教员队伍和航空理论教员队伍建设。达到三种气象指挥水平的飞行指挥员占总数90%以上，飞行教员达到三种气象以上任教水平的占总数80%以上。航空理论教员队伍在年龄、学历、专业结构等方面逐步实现群体优化，形成本科生、研究生为主体，具有高、中级职称教员为主导的教学力量。

50多年来，飞行学院培养数万名飞行人才，为空军的建设和发展做出重要贡献。

（陆锦安 赵振亭）

Kongjun hangkong xuexiao
空军航空学校 (Air Force aviation school) 见空军飞行学院。

Kongjun Hangkong Daxue
空军航空大学 (Air Force Aviation University) 中国人民解放军空军航空大学是一所以培养飞行人才为主体、飞行和航空工程专业兼容的综合性大学。成立于2004年5月8日。校址吉林省长春市。

该大学由原空军第二航空学院、空军长春飞行学院和空军第七飞行学院合并组建。为空军直属院校，副军级。机关设训练部、政治部、校务部、科研部，教学和科研机构设8个直属系，1个接改装训练大队和1个军事仿真技术研究所，下辖飞行基础训练基地和飞行训练基地。培训层次为硕士研究生、大学本科。主要承担航空飞行与指挥、航空机务工程、航空侦察情报等本科生长干部学历教育；国防生、地方大学生任职教育和部队现职干部轮训任务；外国军事留学生培训任务。

至2004年，共为国家和军队建设输送各类军事人才10万余名，为13个国家培训军事留学生1 200余名；培养的学员中，涌现出“一等功臣”杜凤瑞、“学习雷锋的光荣标兵”朱伯儒、中国工程院院士李明、“空军机务标兵”李光男等为代表的一批英模和先进人物。有200多名毕业学员成长为共和国的将军。



空军航空大学

航空大学拥有国家和空军级专家、空军高层次科技人才46人，教授、副教授247人，硕士以上学历教员218人；先后有9人获军队院校育才金奖，99人获银奖，23人被评为全军优秀教师，15人受到总部、空军表彰并授予荣誉称号。近10年来，共完成教学成果200多项，有27项获军队级以上教学成果奖。

（李绍敏）

Kongjun Changchun Feixing Xueyuan

空军长春飞行学院 (Changchun Air Force Flight College) 中国人民解放军空军对飞行学员进行基础教育训练的指挥院校。校址吉林省长春市。

1949年12月，根据航空学校培养空勤和地勤人员的需要，组建空军长春入伍生大队。1950年5月，改称空军航空学员预科总队。1951年7月，改称第1航空预科总队。1954年8月，改称空军第1航空预备学校。1969年2月撤销，1974年1月恢复。1986年6月，改称空军第1飞行基础学校。1992年9月，与空军第2飞行基础学校合并，称空军长春飞行学院。执行师级权限。齐路通任校长，白景峰任政治委员。学院设训练部、政治部、院务部。下设教研部、学员大队。对学员进行飞行基础教育训练，训练内容包括军事、政治、文化、体育。开设马克思主义哲学原理、军事理论、高等数学、物理、外语、计算机、航空体育理论等40余门课程。使学员完成从青年学生到合格军人、再到合格飞行学员的转变，为成为合格飞行员打下初步基础。学制1年8个月，结业后转入飞行学院学习飞行。2004年该校并入空军航空大学。

至2000年底，学院有教员240余人，其中教授、副教授70余人。输送出学员6万余名。共获得军队科技进步奖35项，国家、军队教学成果奖10项；发表论文1 800余篇，其中，被SCI、EI、ISTP等检索收录30余篇，国内核心期刊发表650余篇。 (刘建新)

Kongjun hangkong yubei xuexiao

空军航空预备学校 (Air Force flight preparatory school) 中国人民解放军空军对飞行学员进行基础训练的指挥学校。主要任务是使学员在政治、军事、文化、身体和作风纪律等方面打好基础，具备转入飞行院校训练的基本条件。

1949年12月，中央军委批准空军建议，对飞行学员进入航空学校(后改称飞行学院)前，集中进行预科教育，以提高学员质量，缩短航空学校训练期限，节省航空学校的人力、物力和经费。1950～1953年，先后成立7个航空预科总队。1954年8月，改称空军航空预备学校，执行师级权限，学校机关设训练部、政治部、干部部、队列处、物质保证部、财务科，下辖3～5个大队，在训学员一般1 000～1 800名。经精简整编，至1959年，空军有2所航空预备学校。1969年2月，2所学校撤销。1974年1月，恢复2所航空预备学校，归空军建制。学校机关设司令部、政治部、后勤部，下辖4个学员大队。主要任务是对飞行学员进行文化基础、航空技术基础、飞行预科训练和政治审查。1983年开始，培训层次由中专改为大学专科和大学本科，学制1年、1年8个月。开设课程有高等数学、普通物理、英语、计算机、政治经济学、共同条令、体育等。1986年6月，2所航空预备学校改称飞行基础学校。1992年9月，两所飞行基础学校合并，改称长春飞行学院。2004年并入空军航空大学。

(王玉柱)



空军第1航空学院



空军第2航空学院教学楼

Kongjun hangkong xueyuan

空军航空学院 (Air Force aviation college) 中国人民解放军空军培养航空装备维修专业人才的高等技术院校。编有第1、第2航空学院。主要担负空军航空装备维修技术军官生长教育、继续教育等任务，并承担外军留学生培训任务。培训层次为本科、大专和中专。招生对象为地方应届高中毕业生和空军部队具有高中毕业文化程度的优秀士兵。培训内容主要包括军事、政治和科学文化基础理论，航空装备维修专业基础理论与技能。

空军航空学院前身是20世纪50年代初期创建的培养地勤人员的中国人民解放军第8、第9、第10航空学校。机关设司令部、政治部、干部部、供应处、卫生处，辖7个大队，执行师级权限，归空军建制。1967年5月，改称中国人民解放军航空机务学校。1976年10月，改称空军航空机务学校。1986年6月，改称空军航空技术专科学校。1992年10月，改称空军航空学院。

空军第1、第2航空学院分别驻河南信阳、吉林长春。学院设训练部、政治部、院务部和科研部，下设航空机械工程、航空仪电工程、航空电子工程、航空修理工程、情报与仿真工程等15个系(第1航空学院7个，第2航空学院8个)和飞机、发动机、航空火力控制、航空兵器、航空仪表、航空电气、航空自动控制、航空通信导航、航空雷达、航空电子对抗等67个教研室，以及战伤飞机抢修研究中心、图书馆等单位。有12个大学本科专业，15个大学专科专业，其中，航空飞行与指挥、仿真工程、军事情报、摄影测量与遥感、航空侦察设备、飞机修理工程、飞机损伤检测工程、飞机维修表面工程等8个专业为全军独有

专业。2004年5月8日第2航空学院并入空军航空大学。

至2000年，空军航空学院拥有教学经验丰富、学术水平较高、科研能力较强、年龄结构合理的教员队伍。60余名教员被评为国家、军队、空军级先进人物，27名教员被评为全军优秀教师。两所学院共获得国家、军队级科研成果奖200多项，其中国家发明三等奖5项，军队科技进步一等奖8项、二等奖175项。为部队输送了10万余名专业技术人才。（夏远飞）

Kongjun hangkong jiwu xuexiao
空军航空机务学校 （Air Force air maintenance school） 见空军航空学院。

Guilin Kongjun Xueyuan
桂林空军学院 （Guilin Air Force College） 中国人民解放军空军主要培养高射炮兵部队初、中级指挥和技术军官，空军警卫分队、空降兵部队初级指挥军官，空军航空兵部队参谋和空军部队政治指导员的指挥院校。前身是空军高炮学院。校址广西省桂林市。

1952年10月，中国人民解放军防空部队高射炮兵学校在上海成立。归中国人民解放军防空司令部建制。1955年9月，改称防空军高射炮兵学校。1957年7月，改称空军高射炮兵学校。归空军建制。樊哲祥任校长，胡立信任政治委员。1958年9月，与空军技术学校合并，称空军高射炮兵学校。迁址河南信阳。设训练部、政治部、校务部，辖第1、第2、第3大队。1969年11月，该校撤销。1978年2月，在桂林重建，仍称空军高射炮兵学校。执行师级权限。1986年6月，改称空军高炮学院。1999年，改为桂林空军学院，设航空兵参谋、空降兵指挥、高炮指挥、高炮技术、警卫指挥和军队基层政治工作等专业，培训层次为大学本科、大学专科、中专。

至2002年，学院有教员350余名，其中教授、副教授70余名。毕业学员2.1万余名。共有5项成果获国家级奖励；179项获军队级科技进步奖；10项获军队级优秀教学成果奖。发表学术论文3100多篇，其中在国际上发表265篇；出版专著、教材347种。全面配套地研制了小口径高射炮战术、技术训练模拟系统，并应用于教学、推广到部队。

（戴鸿生）



桂林空军学院

Kongjun Gaoshepaobing Xuexiao
空军高射炮兵学校 （Air Force Antiaircraft Artillery School） 见桂林空军学院。

Kongjun Gaopao Xueyuan
空军高炮学院 （Air Force Antiaircraft Artillery College） 见桂林空军学院。

Xuzhou Kongjun Xueyuan
徐州空军学院 （Xuzhou Air Force College） 中国人民解放军空军培养财务、军需、油料、营房、航材、军械等专业人才的高等技术院校。前身是空军勤务学院。校址江苏省徐州市。

1954年10月，中国人民解放军空军后方勤务学校在太原市成立。归空军建制。尹捷峰任校长，丁植民任政治委员。1958年5月，迁址江苏徐州。1960年7月，改称空军后勤学校。1969年11月撤销。1977年12月重建。执行师级权限。1986年6月，改称空军勤务学院。设训练部、政治部、院务部，辖7个系和4个士官训练大队。1989年，学院开设研究生教育。1991年8月，改称空军后勤管理技术学院，划归总后勤部领导。1993年6月，改称空军后勤学院，划归空军建制。学院设训练部、政治部、院务部、科研部以及相应的专业系、队和基础部、研究生管理大队、学员旅，编有军事、政治、文化及各专业教研室。培训层次为硕士研究生、大学本科、大学专科和中专。1998年成为硕士学位授予单位，并取得作战指挥学和后方专业勤务两个硕士学位授予权。2000年，组建新装备培训基地，主要培训空军主战新型武器装备后勤保障和装备管理专业技术骨干。2004年5月8日改为徐州空军学院。



徐州空军学院

至2000年底，学院形成以航空兵后勤组织指挥、航空弹药、航空器材、航空油料、场务保障等专业为重点的学科专业体系，建成指挥、管理、技术相融的课程体系。学院有教员530余人，其中教授、副教授140余人。毕业学员4万余名。共获得军队科技进步奖69项，其中一等奖2项，二等奖7项；发表论文4000余篇。

（方全祥）

Kongjun Houfang Qinwu Xuexiao
空军后方勤务学校 （Air Force Service School） 见徐州空军学院。

Kongjun Qinwu Xueyuan
空军勤务学院 （Air Force Service College） 见徐州空军学院。

Kongjun Houqin Xueyuan
空军后勤学院 （Air Force Logistics College） 见徐州空军学院。

Kongjun Yixue Gaodeng Zhuanke Xuexiao

空军医学高等专科学校 (Air Force Medical Academy) 中国人民解放军空军培养医疗卫生专业人才的高等技术院校。前身是空军医学专科学校。校址吉林省吉林市。

1975年5月，以空军第17航空学校留守处为基础，成立中国人民解放军空军军医学校，执行师级权限，归沈阳军区空军建制。崔振北任校长，杨兴国任政治委员。机关设训练部、政治部、校务部，辖第1、第2学员大队和11个护士训练队。1986年6月，改称空军医学专科学校。1993年，改称空军医学高等专科学校。机关设训练部、政治部、校务部，辖4个系和1个轮训队。设有医疗、临床检验、放射诊断学、医疗仪器、营养学、护理、药学、放射机械等专业。

1998年，该校并入中国人民解放军第4军医大学。 （岳伟东）

Kongjun Yixue Zhuanke Xuexiao

空军医学专科学校 (Air Force Medical Professional School) 见空军医学高等专科学校。

Kongjun Junyi Xuexiao

空军军医学校 (Air Force Medical School) 见空军医学高等专科学校。

Kongjun Dalian Tongxin Shiguan Xuexiao

空军大连通信士官学校 (Dalian Air Force Communication Noncommissioned Officer School) 中国人民解放军空军培养通信士官的初级技术学校。校址辽宁省大连市。

1986年8月，成立中国人民解放军空军大连士官学校，执行旅级权限，归沈阳军区空军建制。承志祥任校长，刘玉海任政治委员。设教务处、军务处、教学保障处、政治处、后勤处，辖12个教研室，3个学员大队。1992年8月，改称空军大连通信士官学校。1999年12月，执行师级权限，实行校、系、队三级体制。设训练部、政治部、校务部，辖基础部，导航、无线电、有线电3个系和10个学员队。开设19个专业，面向空军部队招生，学制2年，中专学历。招生对象为具有初中毕业以上文化、从事通信专业一年以上的优秀士兵。空军通信士官学校组建以来，积极探索培训通信士官的办学路子，不断深化以教学内容为核心的教学改革，初步形成适应空军通信部队需要，体现士官特色的培训模式。至2000年，毕业学员5 670名。

（魏春堂 刘建新）

Kongjun Feixing Shiyan Xunlian Jidi

空军飞行试验训练基地 (Air Force Flight Test and Training Base) 中国人民解放军空军主要担负航空兵飞行技术和战术研究、技术骨干集训、新机理论教学、新航空装备鉴定试验任务的机构。

1987年4月，空军第11航空学校整编为空军飞行试验训练中心。隶属于空军。执行师级权限。何为荣任司令员，钟兴中任政治委员。设司令部、政治部、后勤部，辖3个飞行团。2002年10月，改称空军飞行试验训练基地。10多年来，培养、造就了一支“学者式、专家型”的飞行人员队伍和“基础知识宽、专业技术精”的教学科研、机务保障人员队伍。成为空军航空武器装备试验应用与开发和航空兵战术运用研究的中心，成为硕士研究生飞行员等高层次飞行战斗人才培训及空军新武器装备改进教学基地，为空军部队战术技术水平提高、战斗力成长和装备发展做出了重要贡献。至2002年，共获国家、军队科技进步奖67项，其中，国家科技进步二等奖1项，军队科技进步二等奖4项；军队教学成果奖28项；发表论文2 000余篇。

（李春潮）

Kongjun Hangkong Wuqi Shiyan Xunlian Jidi

空军航空武器试验训练基地 (Air Force Airborne Weapon Test and Training Base) 中国人民解放军空军主要担负空对空、空对地导弹试验、鉴定、批检，新型航空装备性能试验和检验，大型靶机和无人机研制等任务的机构。1970年6月，由隶属于国防科委的第20训练基地空空导弹试验机构移交空军整编组成。归兰州军区空军建制，执行师级权限。胡嘉任主任、刘川任政治委员。机关设司令部、政治部、后勤部、技术部，辖飞行试验团和若干团级工作站。至2000年，建成现代化指挥控制系统，具有先进的光电一体测量、试验仿真、战术演练、靶标研制、信息资料管理和试验训练保障系统。为空军航空武器鉴定、检验和提高战术技术水平做出重要贡献。有80多项科研成果获国家和军队科技进步奖。其中，国家科技进步一等奖1项、二等奖2项，军队科技进步一等奖5项。

（王玉柱）

Kongjun Di-Kong Daodan Shiyan Xunlian Jidi

空军地空导弹试验训练基地 (Air Force Ground-to-Air Missile Test and Training Base) 中国人民解放军空军主要担负地空导弹试验、鉴定、批检，新型地空导弹装备性能试验和检验等任务的机构。1970年6月，由隶属于国防科委的第20试验训练基地地空导弹试验机构移交空军整编组成。归兰州军区空军建制，执行师级权限。周顺仁任主任，宋德懿任政治委员。机关设司令部、政治部、后勤部、技术部，辖若干团级工作站。至2000年，建成现代化指挥控制系统，具有先进的光电一体测量、试验仿真、战术演练、信息资料



地空导弹发射试验

管理和试验训练保障系统。为空军地空导弹武器鉴定、检验和提高战术技术水平做出重要贡献。共有79项科研成果获国家和军队科技进步奖。其中，国家科技进步特等奖1项、二等奖1项、三等奖1项，军队科技进步一等奖4项、二等奖14项。

（王玉柱）

Kongjun Zhuangbei Yanjiuyuan

空军装备研究院 (Equipment Academy of Air Force) 中国人民解放军空军装备发展决策的最高咨询机构。空军装备领域的技术权威机构。是空军实施科技强军战略的一支关键力量。基本职能是：跟踪研究国外新军事技术、新武器装备的发展趋势；承担空军武器装备发展顶层设计、体系论证、规划计划和型号论证研究；负责空军武器装备全系统、全寿命研究；参与新装备的研制和管理；承担空军专用装备的研制；负责现役装备改进、改型论证研究和部队加装、改装工程技术的组织工作，承担有关加装、改装工作；负责引进装备选型论证和技术保障研究与服务；负责装备作战使用研究；负责部队装备维修、技术勤务保障研究；负责新概念武器、新技术的预先研究和应用研究；负责空军武器装备技术基础研究；负责空军武器装备领域的信息和学术交流；为空军武器装备发展提供技术和智力支撑。

2004年2月2日在北京成立。归空军建制领导。院长吕刚，政治委员何立国。机关设科技部、政治部和院务部，下设空军装备总体论证研究所、空军航空装备研究所、空军地面防空装备研究所、空军雷达与电子对抗研究所、空军通信导航与指挥自动化研究所、空军侦察情报装备研究所、空军航空气象防化研究所，航空弹药技术勤务、导弹技术勤务、科技信息研究所和计量试验站、翻译队等单位。至2005年4月，有科技干部1500余人，其中中国工程院院士1人，空军首席专家1人，具有高级技术职务的490余人。共获国家科技进步一等奖5项、二等奖47项、三等奖42项，国家技术发明二等奖2项、三等奖11项，军队科技进步一等奖115项、二等奖494项，获国家级专利22项。

（吕 刚）

Kongjun Zhuangbei Zongti Lunzheng Yanjiusuo

空军装备总体论证研究所 (Air Force Institute of Equipment General Development and Evaluation) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是开展空军航空武器装备和地面装备系统的综合发展论证；参与空军装备发展战略、规划计划、体制系列论证；负责重大航空装备新型号论证、改进改型论证，引进装备的选型论证，并根据需要参加相应的型号管理。此外，还担负空军武器装备可靠性系统工程总体论证研究、空军装备软件测试和评估、空军武器装备及其关键技术预先研究的技术管理和相关的预研工作、参与国家有关军用标准和规范的制定、负责空军科研成果评定组织工作和参与空军武器装备试验试飞等任务。

前身为空军第八研究所。1981年11月在北京成立。归空军司令部建制。机关设组织计划处、政治处、后勤处，辖9个研究室。1998年11月，归空军装备部建制，机关设科技处、政治部、管理处，辖研究室若干。2004年划归空军装备研究院建制，所内体制不变。为适应由航空武器装备论证向空军装备总体论证的转变，研究室专业作了必要的调整和扩充。拥有一批高级专业技术人才和先进的论证研究设施与手段，成为具有相当实力的专业科学研究机构。至2004年，共获得国家科技进步奖5项、军队科技进步奖119项，其中一、二等奖64项。1998年以来，发表论文333篇，出版学术专著（教材）25部。

（王 康）

Kongjun Hangkong Zhuangbei Yanjiusuo

空军航空装备研究所 (Air Force Aeronautic Equipment Institute) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是负责空军现役航空装备改进改型的总体方案论证和加装、改装工程技术的组织工作，承担有关工程实施任务；参与空军武器装备发展战略、体制系列、规模结构等宏观顶层研究和发展规划、建设计划拟制论证；开展航空装备型号论证和引进装备选型论证；负责航空装备失效分析与故障研究和空军飞行事故调查技术工作；负责航空装备全系统全寿命管理和“四性”理论与应用研究，负责航空装备维修法规、技术标准制定，负责飞机使用寿命和翻修期限技术研究与实验；承担飞机维修保障有关装备的论证、研制与生产任务；负责航空“四站”装备型号论证、研制、改进研究和引进装备选型论证，以及航材设备保障技术研究；参与航空装备新概念、新技术预先研究的技术管理，承担相关预研和应用研究工作；负责退役航空装备的开发、利用和军转民技术研究；承担有关国军标和规范制定工作等。

前身为空军航空装备使用维修研究所。1958年8月在北京成立。1960年12月归并国防部第六研究院，与三机部112厂设计所合并整编为六院第一研究所，即六院601所；1962年8月恢复空军第一研究所番号，其建制属空军科研部；1964年5月归空军工程部建制；1969年9月并入空司建制，序列编号不变，业务工作归空司机务部领导，政治工作归空司政治部领导；1976年8月隶属空军航空工程部，序列番号不变；1998年11月，归空军装备部建制。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院航空装备研究所，原空军航材四站设备研究所并入该所。机关设科技处、政治部和管理处，下设研究所（室）若干。拥有一批高级专业技术人才，其中中国工程院院士1人，国家级有突出贡献的中青年专家5人，空军首席专家1人，空军级专家11人。至2004年，共获科研成果600多项，其中200多项获国家科技进步奖、发明奖和军队科技进步一、二等奖。

（张鸿元）

Kongjun Dimianfangkong Zhuangbei Yanjiusuo

空军地面防空装备研究所 (Air Force Institute of Land-Based Air Defense Equipment) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是负责空军地面防空装备发展规划、建设计划论证；参与空军武器装备发展战略、规划、计划论证；负责地面防空装备型号立项论证、研制总要求论证、型号研制技术管理和引进装备选型论证；负责空军反导防天装备发展论证及仿真研究；负责地面防空装备指挥控制自动化系统论证

研制；负责现役地面防空装备及配套装备改进、改型论证与研制，"三性"研究及维修保障技术支持；负责引进装备备件国产化研究与工程实施；负责地面防空装备新概念、新技术预先研究的技术管理；负责地面防空反导装备的作战应用研究；承担地面防空防天装备信息研究及相关应用研究工作；承担地面防空装备技术基础研究。

前身为空军地空导弹研究所。1976年5月在北京成立。归空军司令部建制。机关设科技处、政治处、管理处，辖6个研究室和1个试制车间。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院地面防空装备研究所。机关合并为综合办公室，辖研究室若干和1个试制工厂。拥有一批高级专业技术人才，成为具有相当实力的地面防空专业科学研究机构。至2004年，共获得科学技术成果奖180余项，其中国家科学技术进步奖5项，军队科技进步一等奖8项、二等奖44项。

（王玉柱）

Kongjun Leida yu Dianzi Duikang Yanjiusuo

空军雷达与电子对抗研究所 (Air Force Radar and ECM Institute) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是负责全军对空情报雷达、航空管制和空军信息战、电子对抗以及雷达与电子对抗指挥自动化装备的发展规划、计划、型号论证和试验试飞；开展战术理论、新技术应用、技术革新和可靠性、维修性、保障性研究；负责装备引进论证和技术支持；承担部分装备的研制和维修保障任务。

前身为空军雷达研究所。1958年8月在北京成立。归空军雷达兵部建制，辖5个研究室和机械设计室、试验车间。1970年4月，归空军司令部建制。1986年，机关设科技处、政治部、管理处，辖研究室若干。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院雷达与电子对抗研究所。拥有一批高级专业技术人才，成为具有相当实力，在国内电子信息领域有较大影响的多学科、多专业综合研究机构。至2004年，共获科学技术成果奖299项。其中国家发明奖2项，全国科学大会奖4项，国家科技进步奖8项、三等奖6项，军队科学技术进步一等奖27项、二等奖83项。

（朱和平）

Kongjun Tongxin Daohang yu Zhihui Zidonghua Yanjiusuo

空军通信导航与指挥自动化研究所

(Air Force Institute of Communication, Navigation and Command Automation) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是负责空军通信、导航装备和指挥自动化系统发展规划、建设计划论证；参与空军武器装备发展战略、体制系列、规模结构等宏观顶层研究和发展规划、建设计划拟制论证；负责空军通信、导航装备和指挥自动化系统立项论证、研制总要求论证、型号研制技术管理、作战应用研究和引进装备论证；负责空军指挥自动化系统、数据链工程和空管通信技术牵总；承担通信、通信保密、导航、领航轰炸等装备的研制任务等，前身为空军通信研究所。1958年6月在北京成立。归空军司令部建制。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院通信导航与指挥自动化研究所。机关设办公室，辖研究室若干和勤务分队。拥有一批高级专业技术人才，成为具有相当实力的科学研究机构。至2004年，共获科学技术成果奖321项。其中，全国科学大会奖4项，国家科学进步一等奖1项、二等奖10项、三等奖5项，军队科技进步一等奖27项、二等奖84项。

（朱 林）

Kongjun Zhencha Qingbao zhuangbei Yanjiusuo

空军侦察情报装备研究所 (Air Force Institute of Reconnaissance Intelligence Euipment) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是空军侦察技术装备的研究论证和设计开发，其中包括技术侦察的装备研究、航空侦察的技术研究、航空侦察的应用研究；承担现役空军侦察装备的技术改进和技术服务。

前身为空军信息技术研究所。1976年5月，在北京成立。归空军司令部建制。辖3个研究室和一个试制车间。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院侦察情报装备研究所。辖研究室若干和一个修配厂，拥有一批高级专业技术人才，成为具有相当实力的侦察技术装备专业研究机构。共获得科学技术成果奖231项，其中国家科学技术进步奖5项，三等奖4项，军队科学技术进步一等奖10项，二等奖57项。

（顾知明）

Kongjun Hangkong Qixiang Fanghua Yanjiusuo

空军航空气象防化研究所(Air Force Institute of Aeronautic Meteorology and Chemical Defense) 中国人民解放军空军装备研究院下属科研机构之一。主要任务是航空气象防化装备发展论证、研制、生产、服务和现役装备的改进；航空飞行器载气象装备发展论证、研制、生产和服务；人工影响天气、气象武器、空间天气等发展论证、技术研究、装备研制和技术管理。

前身为空军气象研究所。1976年5月在北京成立。归空军司令部建制。机关设科技处、政治部、管理处，辖4个研究室。1986年，机关设科技处、政治部、管理处，辖研究室若干。2004年划归空军装备研究院建制，更名为空军装备研究院航空气象防化研究所。机关设办公室，辖研究室、试验室若干。至2004年，拥有一批高级专业技术人才，成为具有相当实力的专业研究机构。共获得科学技术成果奖128项，其中国家科学技术进步二、三等奖各1项，军队科学技术进步一、二等奖35项。

（喻承朗）

Kongjun Hangkong Yixue Yanjiusuo

空军航空医学研究所 (Air Force Institute of Aeronautic Medicine) 中国人民解放军空军航空医学科学研究机构。主要任务是研究飞行学员的医学、心理学选拔标准及飞行人员的健康鉴定标准；研究航空环境因素和航空生物动力学因素对人体的影响，研究飞行人员供氧、抗载荷、救生装备生理卫生学标准，并负责有关航空装备的生理学鉴定；研究飞行劳动负荷特点和评定标准，制定飞行卫勤保障措施和航空营养卫生学标准。

1954年8月，在北京成立。归空军后方勤务学校建制。1960年3月，归空军后勤部建制。1986年，机关设科技处、政治部、管理处，辖研究室若干。至2000年，拥有一批高级专业技术人才，有中国工程

院院士1人，成为具有相当实力的专业科学研究机构。共获科学技术成果奖279项。其中，国家科学技术进步奖12项，国家发明奖7项；军队科学技术进步一等奖6项，二等奖46项。（王　辉）

Kongjun Gongcheng Sheji Yanjiuju
空军工程设计研究局 (Air Force Engineering Designing Institute)　中国人民解放军空军主要担负空军直属工程及机场、营房和防护工程的勘察、设计、科研任务的机构。前身是空军后勤部工程设计局。驻北京市。

1962年7月，成立中国人民解放军空军后勤部修建部工程设计局。1963年9月，改称空军后勤部工程设计局，列入空军后勤部直属单位。1970年3月撤销。1976年4月重建。归空军后勤部建制。1986年5月，改称空军工程设计研究局。编有专业设计、研究室和勘测大队。持有国家颁发的建筑工程设计、机场工程设计、防护工程设计、工程质量、工程地质、岩土工程、工程总承包、工程监理等8个甲级资质证书和商业油库设计乙级资质证书，具备完成空军各类工程勘察、设计、科研任务的技术保障能力。至2000年，承担23个机场工程、30多个防护工程和近千项营房工程的勘察设计及75个机场的选址和勘测任务，完成40个各类机场的道面测试评定工作；19次参加国家工程核效应试验，取得一批工程勘察、设计、科研成果。共获国家、军队科技成果奖55项，获国家专利22项和美国专利19项。主编各类技术规范17项。（田　军）

Kongjun Hangkong Bowuguan
空军航空博物馆 (Air Force Aviation Museum)　中国人民解放军空军收藏、展览航空装备，研究空军航空史料和进行国际航空技术交流的场所。馆址北京市。1986年12月筹建，占地面积74万平方米，其中展区面积7万余平方米，陈列面积3万余平方米。分为洞库展区和露天展区。1989年11月开馆，归空军司令部建制。1998年11月，归空军装备部建制。截止2002年12月，收藏展出100余种型号的飞机230多架，地空导弹、高射炮、雷达、航空照相设备和航空炸弹等航空装备样品890余件，是亚洲最大的航空博物馆。馆内藏有中国航空史上有价值的飞机，如日



空军航空博物馆露天展区


空军航空博物馆洞库展区

本99式高级教练机、美国P-51型战斗机、苏联波-2轻型飞机和拉-9型歼击机、伊尔-10型强击机等；藏有毛泽东乘坐过的专机，抗美援朝时有战功和人民群众捐献的飞机等。自开馆以来，接待各界人士及国际友人参观、交流，在宣传中国人民解放军空军建设成就和进行爱国主义、国防教育及开展国际航空交流等方面发挥积极作用。（李振林　刘　伟）

Kongjun bianyan gongzuo
空军编研工作 (air force compilation and research work)　中国人民解放军空军编纂研究历史资料和各类工具书的工作。中国人民解放军编研工作的组成部分。1988年9月1日，由空军百科编审室、当代中国空军编辑部等单位合编分别成立空军司令部编研室、空军政治部编研室，主要担负：《中国大百科全书》、《中国军事百科全书》、《辞海》、《大辞海》、《军事辞海》、《中国人民解放军军史》、《中国人民解放军军语》、《军用主题词》、“中华人民共和国国史”的空军部分，《当代中国空军》、《中国空军百科全书》、《空军大辞典》、《空军军语》、《中国人民解放军空军史》、《中国人民解放军空军（防空军）组织沿革》、《中国人民解放军空军军事工作大事记》、《中国空军史料》、《中国人民解放军空军（防空军）历史资料丛书》、《中国共产党空军（防空军）组织史料丛书》、《中国人民解放军空军高级将领传》、《中国人民解放军空军政治工作大事记》、《空军政治工作简明辞典》、《空军大事典》、《空军从严治军大事选编》、《空军英模名录》、《空军烈士传》、《志愿军空军英名录》等编纂任务。

空军编研机构成立以来，先后编纂出版了一批党史、军史资料丛书和工具书，对保存史料和研究空军历史，发展空军军事科学，增进中、外空军学术交流，以及对部队进行光荣传统教育，提高空军广大官兵的政治、军事素质和科学技术水平，促进空军革命化、现代化、正规化建设和社会主义精神文明建设，起到了积极作用。（姚　卫　白景芳）

Hangkong Zazhi
《航空杂志》 (*Aviation Magazine*)　中国人民解放军空军关于军事学术与航空技术研究的综合性期刊。由空军司令部主办，空军航空杂志社编辑出版发行。

《航空杂志》1955年5月，经空军党委和中国人民解放军训练总监部批准，于6月正式创刊。周恩来总理题写创刊刊名。1957年5月空军、防空军合并后，《防空杂志》的防空理论、技术和战术指导部分列入该刊。1958年8月～1963年1月，《航空杂志》曾改为半月刊。1956年～1966年，经总参谋部和国防部外事部门批准，该刊曾与苏联、越南、朝鲜军方有关部门进行过交换。1966年8月，因“文化大革命”等原因停刊。1976年

试复刊出版《科技通讯》。1978年9月经中央军委批准，《航空杂志》于1979年1月正式恢复出版。1991年4月，采用计算机自动化编排手段，提高了杂志报道时效和质量。1998年1月在全军计算机网络上创建了该刊电子版，2000年7月开始制作发行该刊计算机光盘，进一步拓展了《航空杂志》在信息储存和媒体传播的渠道。

《航空杂志》作为在军内外有着重要影响的空军军事科技综合性刊物，主要面向：空军空、地勤与战役、战术，技术理论研究人员和营、团以上指挥干部，同时兼顾陆航、海航和其他关心空军建设与航空发展的爱好者。其主要任务是：宣传中央军委和空军党委关于军事工作的方针政策，报道空军军事学术和航空科学技术理论研究成果，交流部队在作战战备、教育训练、战斗保障、装备使用和部队管理方面的经验，介绍世界主要国家和周边地区空军的发展变化与航空、航天领域内的高科技知识，促进和指导部队的军事工作开展。经常报道的栏目有：空军战役理论、现代作战对策、地面防空与电磁斗争、装备发展、司令部建设和战备管理、训练组织、战术(法)训练、航空理论与飞行技术探讨、航空心理、装备操作使用、预防事故、现代后勤与装备维修保障、世界空军和知识天地等。发行范围：发至空军飞行员、连以上作战单位和陆海军、地方航空有关部门。

《航空杂志》自创刊以来，始终坚持办刊宗旨和杂志报道质量，深受广大读者的欢迎，曾荣获全国优秀科技期刊三等奖和全军期刊与印刷质量优质奖等。

（李学敏）

Kongjun Junshi Xueshu

《空军军事学术》 (*Military Academics of Air Force*)　中国人民解放军空军关于军事学术研究的综合性期刊。全军军事重点学术期刊。由空军指挥学院主办，空军军事学术编辑部出版发行。1990年由《空军指挥学院学报》改为现名。主要栏目有："三个代表"与部队建设、军事思想、战略、战役、战斗、联合军事行动、信息化与军队建设、军事训练、重点学科、武器装备、外军、陆航海航、空降作战、综合理论研究等。

该刊以促进空军军事理论研究和军事人才成长为目的，以为空军机关、部队、教学科研服务，为首长决策服务为宗旨，坚持"百花齐放，百家争鸣"，活跃军事学术研究氛围、深化军事理论研究、促进空军军事理论发展和推动空军战斗力提高。

（彭东海）

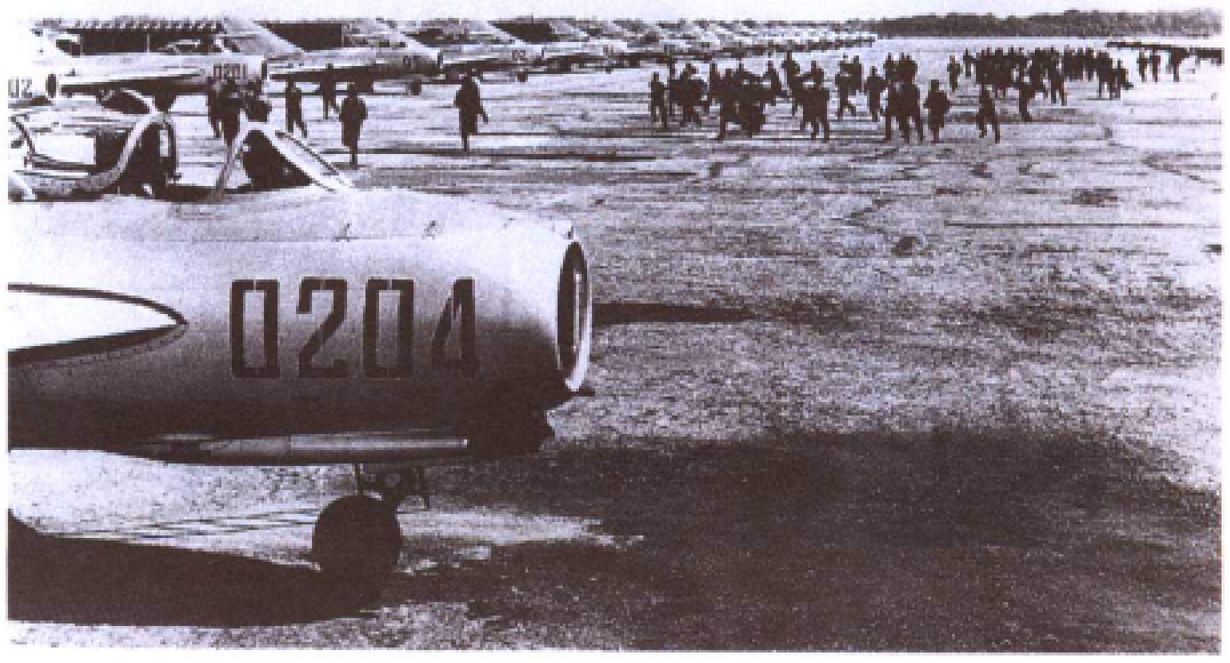
Zhongguo Renmin Zhiyuanjun Kongjun

中国人民志愿军空军 (Air Force of the Chinese People's Volunteers)　中国人民为抗美援朝、保家卫国组成的志愿军空军部队。主要由中国人民解放军空军部分指挥机构、航空兵部队组成。

1950年6月，朝鲜内战爆发，以美国为首的"联合国军"出兵干涉，朝鲜民主主义人民共和国处境危急，中国安全受到严重威胁。中国政府应朝鲜政府请求，作出"抗美援朝，保家卫国"重大决策，组成中国人民志愿军入朝参战。"联合国军"凭借空中优势，给中国人民志愿军作战行动、后勤供应造成很大困难。中国人民解放军空军成立不久，经过短期积极审慎准备，组成志愿军空军，在苏联空军的协同配合下，于1950年12月参加抗美援朝作战，至1953年7月朝鲜停战，完成抗美援朝作战任务。

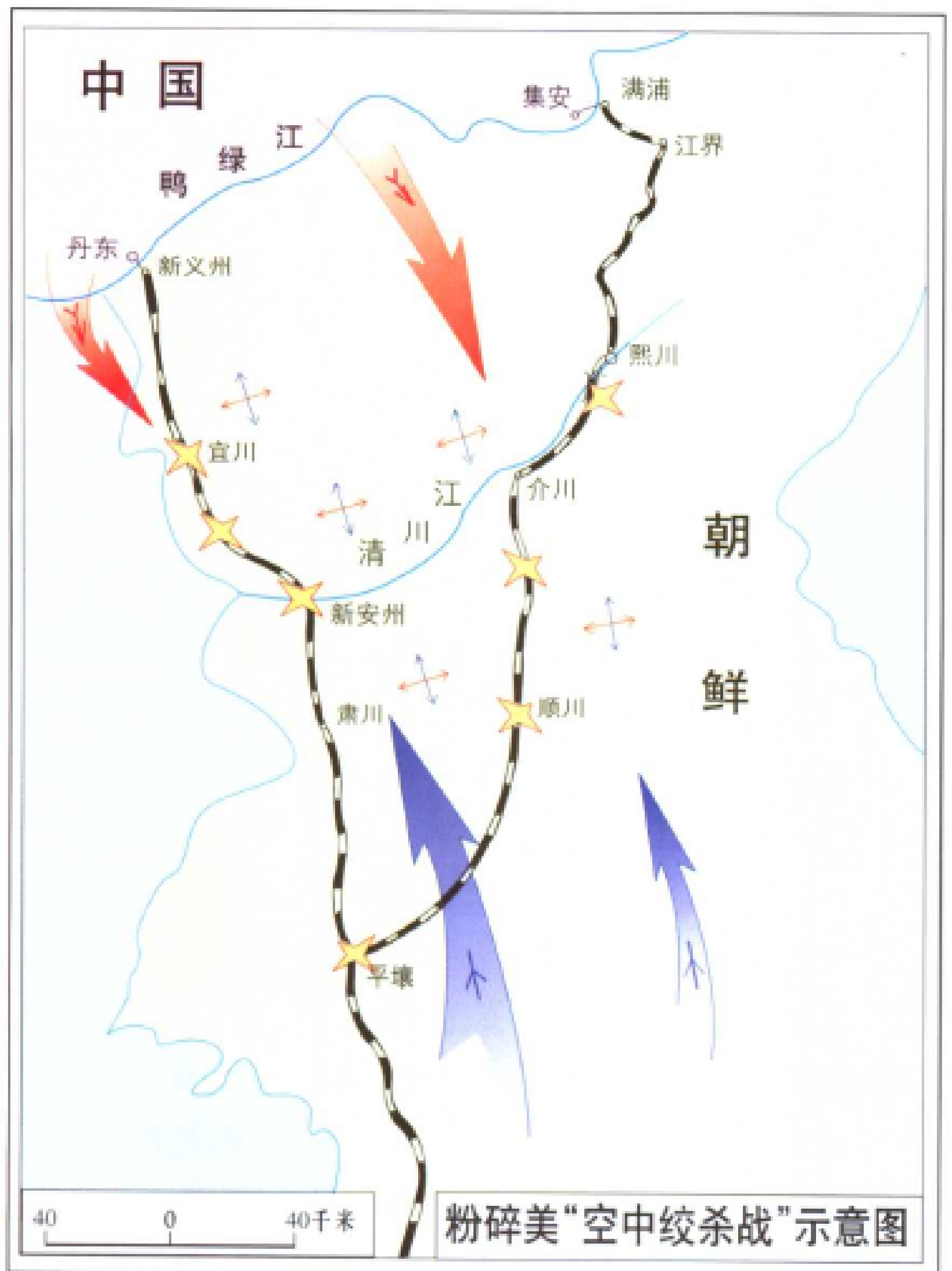
进行参战准备，组织少量部队实战锻炼　1950年10月，中国人民解放军空军开始进行参战准备：①确立志愿军空军作战方针。10月底，以美国为主的侵朝空中兵力达到14个联(大)队，1 200余架飞机，其飞行员飞行时间多在1 000小时以上，大部分参加过第二次世界大战，有丰富空中作战经验，占有朝鲜战场制空权。中国人民志愿军空军决定采取边建边打，边打边训，以老带新，轮番参战办法，执行"积蓄力量，选择时机，集中使用"作战指导方针，在战斗中锻炼成长。②深入进行思想动员，坚定敢打必胜决心。③加速组建航空兵部队，至1951年5月，组建12个歼击师、2个轰炸师。④组建志愿军空军领导指挥机构。1951年3月15日，在辽东省安东市(今辽宁丹东)成立中朝空军联合司令部，对中、朝空军作战部队实施统一指挥。刘震任司令员，王琏(朝鲜人民军航空局局长)、常乾坤任副司令员。7月，成立中朝空军联合轰炸机指挥所和中朝空军联合冲击机指挥所。后因作战任务变化，12月，两个指挥所撤销。⑤突击训练。要求参战部队1951年3月底前达到参战水平。⑥向苏联购买喷气式作战飞机。⑦整修、扩建中国东北机场，在朝鲜北部抢修机场。因侵朝美军连续轰炸，朝鲜北部机场不能使用，志愿军空军放弃进驻朝鲜机场的作战计划。⑧组织飞机维修和后勤保障工作。

志愿军空军部队指挥员、飞行员虽在陆军经过战斗锻炼，具有良好政治素质和战斗作风，但无空战经验。组织少量部队实战锻炼，取得组织指挥、空中作战及地面保障工作经验成为参战准备重要内容。1950年12月21日，志愿军空军第4师第10团28大队由师长方子翼、政治委员李世安率领进驻辽东浪头机场，与驻该机场苏联空军协同作战。1951年1月21日，该大队在清川江桥上空与美国空军空战，大队长李汉击伤1架F-84型战斗轰炸机。29日，在定州地区再次空战，李汉取得击落、击伤F-84型战斗轰炸机各1架战果，开创抗美援朝作战中国人民志愿军空军首次击落美机纪录。至3月2日，第4师第10团和第12团参加实战锻炼，初步取得了空战经验。



中国人民志愿军空军准备出击

大批部队轮番参战，保护交通线。朝鲜北部铁路线对志愿军后勤补给具有重



粉碎美“空中绞杀战”示意图

要作用，清川江、大宁江桥是连接志愿军前后方咽喉要道。8月初，美军实施以空中封锁、切断朝鲜北部交通线为目的的“绞杀战”。9月起，志愿军空军以师为单位，采取由少到多，以老带新，先打弱敌再打强敌等方法，先后组织第4、第3、第2、第14、第6、第15、第12、第17、第16、第18等歼击航空兵师参战。在苏联空军配合下，与“联合国军”争夺并保持重要地区一定时间制空权，保护交通线的畅通。

1951年9月下旬～1952年3月上旬，志愿军空军与苏联空军配合打击美军混合大机群，共击落飞机102架，击伤36架。空中战线从鸭绿江一线推至清川江以南，美军空中优势受到削弱，对交通线空中封锁遇到困难，被迫放弃对安州－西浦－介川三角地区（美方称“米格走廊”）封锁，新义州至平壤、熙川至平壤铁路干线交通运输得以保障。志愿军空军第4师参战38天，取得击落美机20架、击伤10架战果，大队长张积慧击毙美国“王牌驾驶员”G.A.戴维斯。第3师参战86天，击落美机54架、击伤9架。其他参战部队均取得战果。其间，经历双方几十架至百余架飞机大规模空战。

1951年11月，志愿军空军第2、第3、第8、第10师各一部首次在朝鲜西海面协同作战，轰炸大、小和岛等岛屿，配合志愿军第50军取得攻岛作战胜利。

经过不断探索适应高速喷气式歼击机空战特点的战术，总结制定以4机编队为单位，多层配置，保持一域，协同作战的“一域多层四四制”空战战术原则。作战指挥组织逐步健全，积累总结出适应空中作战特点的工作经验。志愿军空军变总体劣势为局部优势，争取空战主动。至1952年5月底，志愿军空军击落美机122架、击伤41架，争夺并保持重要地区制空权，保障了朝鲜北部铁路干线交通运输畅通，侵朝美军历时10个月的“绞杀战”没有达到目的。

保卫重要目标，掩护抗登陆战役准备　1952年6月以后，美军把空中作战重点从阻滞和切断交通线转为摧毁水力发电、农业灌溉系统和重要军事设施。6月23日，美军出动数百架飞机轰炸鸭绿江上拉古哨（水丰）发电站和朝鲜北部发电厂，在以后一周内每日出动飞机300～600架次实施轰炸。志愿军空军继续组织部队轮番作战，执行以保卫重要目标为主作战任务。


志愿军空军飞行员在研究战术

9月，华东军区空军指挥机构担任志愿军空军作战组织指挥任务。11月，聂凤智任中朝联合空军代司令员（1953年4月任司令员），全面负责志愿军空军领导工作。

10月起，侵朝美国空军开始装备F－86F型飞机，志愿军空军改装米格－15比斯型飞机，双方战术不断改进，大规模空战日益激烈。仅12月，志愿军空军共作战26天，战斗出动157批1 623架次，与美机空战34批198架次，击落美机37架、击伤7架。作战指挥、战术运用等方面有提高，将美军战斗轰炸机活动限制在清川江以南地区。

同期，“联合国军”计划在朝鲜东西海岸登陆，调整军事部署。中国人民志愿军进行抗登陆战役准备。1953年，志愿军空军调整部署，一线保持5个歼击师，在保卫重要目标作战同时，担负掩护抗登陆战役准备作战任务。抗登陆作战准备的完成，使志愿军东西两翼和正面防御更加稳定和完善，已完全立于主动地位，“联合国军”不得不放弃登陆进攻的企图。

1953年，志愿军空军作战总要求：积极作战，完成战斗任务，争取更大胜利；研究战术，取得经验；学会在各种条件下作战。第2、第4师夜航大队分别于1月、3月参战。4月，美国空军经常派出游猎分队偷袭志愿军空军起飞出航和返航着陆飞机。志愿军空军在被动中争取主动。第15师飞行员韩德彩游猎击落美“双料王牌驾驶员”H.E.费席尔（跳伞后被俘）。5月底，第4师副团长侯书军取得志愿军空军首次夜间击落美机战果。6～7月，美空军利用战区复杂天气，频繁出动。志愿军空军克服天气不利条件，在中、低空与美机空战，共战斗出动117批994架次，空战39批338架次，击落美机25架、击伤5架。7月19日，侵朝美军出动168架飞机组成混合机群，志愿军空军空战中击落、击伤美机各1架。此战是志愿军空军抗美援朝作战最后一次空战。

1953年7月，朝鲜战争结束。志愿军空军共有10个歼击航空兵师21个团、2个轰炸航空兵师3个大队参战。空军、军区空军机关部分人员得到实战组织指挥及战勤保障锻炼。作战中共击落“联合国军”飞机330架、击伤95架。志愿

军空军被击落飞机231架、击伤151架，牺牲飞行人员116名。完成争夺与保持重要地区一定时间制空权、掩护战略后方重要目标安全、保障后方交通运输、掩护抗登陆战役准备等作战任务。涌现荣立集体三等功以上单位300多个，其中集体一等功单位6个；特等功臣16名、一等功臣68名；21名获英雄模范称号。赵宝桐、王海、孙生禄、张积慧、刘玉堤、鲁珉(后被剥夺荣誉称号)为一级战斗英雄、特等功臣。

（李树山）

Zhong-Chao Kongjun Lianhe Silingbu

中朝空军联合司令部 (Joint Headquarters of the Chinese and North Korean Air Forces)　抗美援朝战争期间，中国人民志愿军空军和朝鲜人民军空军联合作战的指挥机构。隶属于中朝联军司令部，受中国人民志愿军总部和中国人民解放军空军双重领导。

1950年12月，中国和朝鲜两国空军领导人会谈时一致认为，需要迅速组建中朝空军联合指挥机构。1951年1月7日，中华人民共和国政务院总理周恩来致电朝鲜政府，“提议按照联合司令部的组织原则，成立中朝空军联合集团军司令部”。经中、朝两国政府商定，3月15日，中朝空军联合司令部(简称空联司)在辽东省安东(今辽宁丹东)成立，刘震任司令员，王琏(朝鲜人民军航空局局长)、常乾坤任副司令员。机关设司令部、政治部、后勤部、工程部，6月29日，增设干部管理部。7月，由华东军区空军机关抽调人员，在辽东省东丰(今吉林东丰)组建中朝空军联合轰炸机指挥所，聂凤智任司令员；由华北、中南军区空军机关抽调人员，在辽西省开原(今辽宁开原)组建中朝空军联合冲击机指挥所，徐德操任司令员，吴富善任政治委员。两个指挥所归中朝空军联合司令部统一指挥。9月，东北军区空军政治委员周赤萍兼任中朝联合空军政治委员。12月，因作战任务变化，撤销轰炸机指挥所和冲击机指挥所。1952年1月16日，中朝空军联合司令部与东北军区空军机关合并。在安东组织领导志愿军空军部队的机关，对内称东北军区空军机关第一梯队，对外仍称中朝空军联合司令部。为了锻炼组织指挥能力，取得指挥作战经验，9月，华东军区空军指挥机构接替中朝空军联合司令部的作战指挥任务。11月，华东军区空军司令员聂凤智任中朝联合空军代司令员。1953年1月20日，空军第2军军部、空军第3师等8个航空兵师和浪头场站等单位，划归中朝空军联合司令部建制。4月，聂凤智任中朝联合空军司令员。成立安东防空区司令部，归中朝空军联合司令部建制。成钧兼任空联司副司令员和安东防空区司令员。7月27日，朝鲜停战协定签字，朝鲜战争结束。12月，东北军区空军司令部接替中朝空军联合司令部的任务。华东军区空军指挥机构撤回南京。

中朝空军联合司令部在抗美援朝战争中，领导和指挥志愿军空军部队英勇作战，给美国为首的“联合国军”空军以沉重打击，完成掩护交通运输、保卫重要目标和配合地面部队作战等任务，为抗美援朝战争胜利作出重要贡献。

（翟　洪）

Zhong-Chao Kongjun Lianhe Hongzhaji Zhihuisuo

中朝空军联合轰炸机指挥所 (Joint Bomber Command Post of the Chinese and the North Korean Air Forces)　见中朝空军联合司令部。

Zhong-Chao Kongjun Lianhe Chongjiji Zhihuisuo

中朝空军联合冲击机指挥所 (Joint Attacker Command Post of the Chinese and North Korean Air Forces)　见中朝空军联合司令部。

中国人民解放军空军历史事件

zaoqi xue hangkong de zhongguo gongchandangyuan

早期学航空的中国共产党员 (CPC members who learned aviation in early period)　1924年1月，中国国民党与共产党建立了统一战线。7月，在广州大沙头创办航空学校。第一期招收学员10名，大部分来自黄埔军校，经过一年左右的训练后，有6名被送到苏联深造。其中有共产党员刘云、王翱、冯询、王勋(王叔铭)、唐铎等人。刘云到苏联后转入陆军大学学习，回国后于1930年前后在武汉被国民党杀害。王翱没有回国。冯询1927年回国后，参加了广州起义、百色起义和长征，后任红军大学大队长、新四军新编第2支队副司令员，在皖南事变中遭国民党杀害。唐铎在苏联空军航校毕业后，留苏军服务，1953年回国任哈尔滨军事工程学院空军系主任。王叔铭投向国民党。1925年7月，广州航校招收第二期学员42人。1926年6月，从第一期留校生和第二期学员中选出10人送苏联学习。其中有常乾坤、徐介藩、李乾元、黎鸿峰(越南人)、金震一(朝鲜人)5名共产党员。到苏联后，金震一改学机械。李乾元、黎鸿峰提前回国在革命战争中牺牲。徐介藩改学装甲兵工程专业，于1948年回国。常乾坤从航校毕业后在苏军服务，1938年回国后一直从事航空工作。

1927年“四一二”政变后，两次从留学苏联的中国共产党员、共青团员和进步青年中选调人员转入苏军航校学习。第一次是1927年9月，选调在莫斯科中山大学学习的王弼、岳少文、蒋余材、罗国器、钱均等12人，入苏联空军航校学习飞行和航空工程技术。第二次是1935年9月，从莫斯科东方大学和列宁学院的留学生中选调刘风、王春、李凡、刘武、孙毅卿、王琏(朝鲜人)等6人，入苏联航校学习飞行。这两批学员中，有的因身体和技术原因改做其他工作，有的学成后在苏军服务，其中王弼、王琏、刘风等人分别于1938年和1939年回国，继续从事航空工作。

早期学航空的中国共产党员，有的后来成为创建人民空军的领导和骨干。

（牛洪顺　孙业宏）

Hongjun Ganbu Dao Xinjiang Hangkongdui Xuexi

红军干部到新疆航空队学习 (Red Army Cadres' Learning in Xinjiang Aviation Corps)　抗日战争爆发后，国民党和共产党建立统一战线，新疆督办盛世才取得苏联的援助，扩建新疆边防督办公署航空队，附设航空训练班，公开招收第三期飞行班和第二期机械班人员。当时，中国共产党驻新疆代表陈云利用航



在新疆航空队学习的红军干部回到延安后合影

空队招生机会，与盛世才达成协议，为共产党培养航空专业人才。1937年10－11月，从红军西路军进疆人员中选调25名，从延安选调19名(1人因身体原因返回)红军干部参加航空队学习。编成两个班：飞行班25人，吕黎平任班长；机械班18人，严振刚任班长。两个班建立一个党支部，吕黎平任书记。1938年3月开课，机械班学员于1939年9月毕业，分配到盛世才的航空队任机械员。飞行班学员于1942年4月毕业，先后飞过苏制乌－2型双翼教练机、埃尔－5型双翼侦察轰炸机、伊－15型双翼歼击机和伊－16型单翼歼击机，平均每人飞行约1 000个起落、300小时，飞行技术达到了作战水平。

1942年春，盛世才公开反共。9月17日，航空班的全体共产党员被软禁，1944年11月，又被囚禁于新疆第二监狱。抗日战争胜利后，经中共中央多方营救，这批人员于1946年6月10日得到释放，7月11日回到延安，受到毛泽东等领导人接见。他们是吕黎平、安志敏、方子翼、袁彬、胡子昆、陈熙、刘忠惠、张毅、杨一德、方槐、方华、夏伯勋、黎明、赵群、李奎、黄明煌、严振刚、朱火华、周立范、金生、王东汉、曹麟辉、丁园、王云清、黄思远、陈旭、云甫、周绍光、刘子立、陈御风、吴峰、刘子宁等32人。到新疆航空队学习的红军干部，后来大部分人成为创建人民空军的骨干。

(牛洪顺　孙业宏)

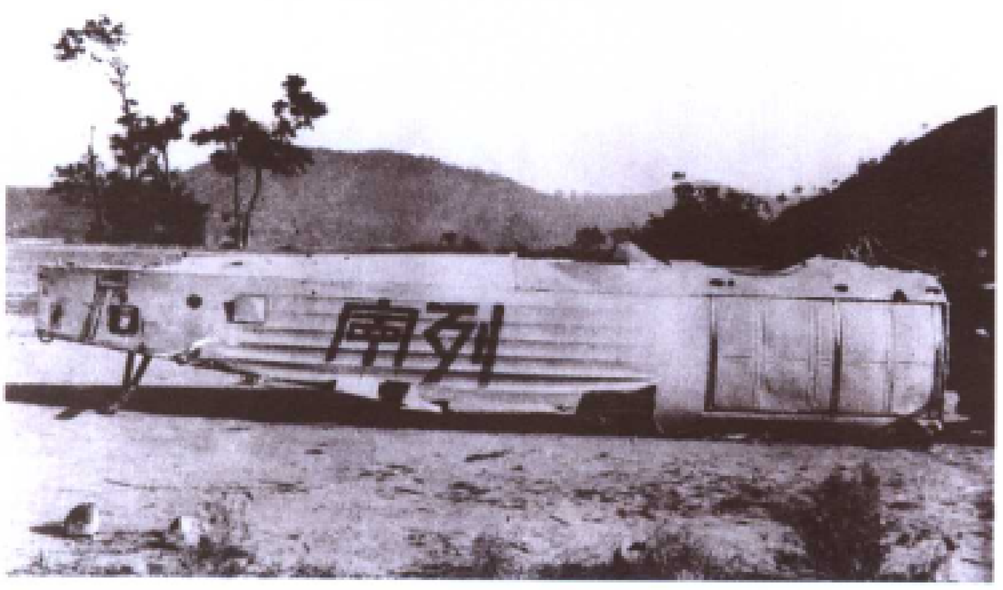
Zhengxiu Yan'an Jichang

整修延安机场 (Refitting Yan'an Airport)　抗日战争时期，为便于延安与国民党统治区的空中交通联系，在延安整修机场。1944年7月，中共中央决定扩建延安机场。由第18集团军总参谋部航空组具体负责。当时，延安的物资器材非常缺乏，技术力量薄弱，没有工程机械，修建工程主要靠人力完成。毛泽东、朱德等党政军各级干部亦参加修建机场。1944年底，扩建成一条长2 000米，宽60多米的“三合土”(碎石、沙子、粘土)跑道。从此，延安同外界的联系更加方便。

(牛洪顺　孙业宏)

Liening Hao Feiji

“列宁”号飞机 (*Liening*, aircraft)　中国工农红军的第一架飞机。1930年2月16日，国民党空军飞行员龙文光驾“柯塞”式飞机，由汉口飞往河南开封执行通信联络任务，返航途中遇大雾迷航，油料耗尽迫降在河南罗山县宣化店(今属湖北大悟县)，被红军俘获。龙文光经教育后参加红军。之后，飞机被转移到鄂豫皖边区苏维埃政府所在地新集(今河南新县)。修复后，



“列宁”号飞机

边区政府将该机命名为“列宁”号，并在机身侧面写有“列宁”二字。龙文光曾驾机飞往河南固始、潢川一带国民党统治区进行侦察，并到汉口投撒传单。1931年12月22日，“列宁”号加装了挂弹架，配合红军作战，轰炸国民党黄安(今湖北红安)守军阵地。1932年7月，国民党军队对鄂豫皖边区发动第4次“围剿”，红四方面军被迫向西转移，将“列宁”号飞机拆散埋入大别山中。

(牛洪顺　孙业宏)

Mao Zedong Fu Chongqing Tanpan Zhuanji Baozhang

毛泽东赴重庆谈判专机保障 (Special Aircraft Support for Chairman Mao to Chongqing for Negotiation)　1945年8月27日，美国大使赫尔利、国民党代表张治中乘飞机到延安接毛泽东赴重庆谈判。飞机着陆后，延安机场勤务股人员对飞机进行了接收、警卫。8月28日，毛泽东、周恩来等乘专机飞赴重庆。10月11日，毛泽东等乘专机返回延安。机场勤务股严密组织、精心安排，保障专机安全降落。这是中国共产党领导的人民军队首次执行专机起降保障任务。



毛泽东、周恩来、王若飞与张治中、赫尔利在专机前合影

(牛洪顺　孙业宏)

Kaiguo Dadian Kongzhong Shouyue

开国大典空中受阅 (Air Review on the National Founding Ceremony)　1949年10月1日，中华人民共和国开国大典时，中国人民解放军空中受阅梯队通过天安门上空，接受党和国家领导人检阅。1949年8月下旬，中共中央决定，在举行中华人民共和国开国大典时，组织阅兵和群众集会，进行隆重的庆祝活动。聂荣臻代总参谋长要求军委航空局组织机群参加空中分列式。军委航空局受领任务后，抽调17架飞机，按不同机种，组成6个空中梯队。邢海帆担任空中飞行总领队。经过分练、合练和两次预演，达到了受阅水平。

10月1日下午3时，北京30万军民



参加开国大典受阅机群



毛泽东等领导人向受阅机群招手示意

欢聚在天安门广场，举行隆重的开国大典。4时，受阅机群从南苑机场起飞，按照规定的航线、高度、速度出航，在北京东郊通县双桥上空编队集合，盘旋待命。4时35分，空中受阅分列式开始，受阅机群排列整齐队形，由东向西，飞向天安门。飞在最前面的是9架P－51型战斗机，分为3个分队，编成“品”字队形，从天安门广场上空飞过。第1分队长机由邢海帆总领队担任，左、右僚机飞行员孟进、林虎；第2分队长机杨培光，左、右僚机飞行员阎磊、王延洲；第3分队长机赵大海，左、右僚机飞行员谭汉洲、毛履武。紧接着飞来的是2架蚊式轰炸机，编成第4分队，排着“一”字队形，长机飞行员邓仲卿，僚机飞行员王玉珂。其后是第5分队，3架C－46型运输机，编成“品”字队形，在长机刘善本率领下，平稳地跟进，参加的飞行员有谢派芬、王洪智等。飞在最后面的是第6分队，由2架PT－19型教练机和1架L－5型联络机组成，长机飞行员方槐，左、右僚机飞行员安志敏、任永荣。17架飞机编成一个完整的受阅队形。最先通过天安门的9架P－51型战斗机，按照预定方案，绕了一圈，又衔接在第6分队后面，第2次通过天安门上空。因此，通过天安门上空的飞机为26架次。受阅机群通过天安门上空时，毛泽东、刘少奇、周恩来、朱德等领导人，在天安门城楼上频频向机群招手致意。 （牛洪顺　孙业宏）

Zujian Di-yi Pi Hangkong Xuexiao

组建第一批航空学校 (Founding of the First Batch of Aviation Schools)　1949年10月6日，中央军委批准，成立6所航空学校。在哈尔滨、长春各组建1所轰炸机学校，在锦州、沈阳、济南、北京南苑各组建1所驱逐机学校。11月18日，中央军委批准，在牡丹江组建1所运输机学校。12月20日，上述学校依次命名为中国人民解放军第1至第7航空学校。校长依次为：刘善本、刘风、陈熙、吕黎平、方子翼、安志敏、魏坚。政治委员依次为：姚克祐、李世安、王学武、李发应、王绍渊、张百春、罗野岗。航空学校机关设参谋处、政治部、训练处、机务处、供应处、卫生处，辖学生营、飞行大队、警卫营，执行师级权限，归空军司令部建制。

航空学校学员从陆军作战部队和军政大学中选调，第一批共选调飞行学员930名，地勤学员1980名。选调飞行学员的条件是：政治可靠，参加过战斗的连排干部，身体健康，高小以上文化程度，年龄为18至24岁。第1至第6航空学校1949年12月1日开学，第7航空学校1950年1月5日开学。

（孟威佳　王　安）

Zhongguo Renmin Jiefangjun Kongjun Chengli Ri

中国人民解放军空军成立日 (CPLA Air Force Day)　1949年7月10日，毛泽东提出建立空军。26日，中央军委决定，以中国人民解放军第14兵团机关和军委航空局组成中国人民解放军空军领导机关。10月25日，中央军委任命刘亚楼为空军司令员，萧华为政治委员。11月11日，中央军委致电各军区、各野战军：中国人民解放军空军司令部现已宣布成立，原军委航空局着即取消，所有干部及业务均即移交空军司令部。1986年10月28日，中央军委确定1949年11月11日为中国人民解放军空军成立日。

（王叶红）



朱德在第6航空学校开学典礼上讲话

Kaipi Lasa Hangxian

开辟拉萨航线 (Opening up the Flight Course to Lhasa) 中国人民解放军空军开辟由西宁至拉萨空中航线的行动。

1955年12月，中共中央、国务院指示空军开辟内地至西藏拉萨的空中航线。空军受领任务后，开始组织试航工作。1956年2月下旬，从空军第13师等单位抽调伊尔-12、伊尔-14和C-46型3种运输机到北京西郊机场，进行高空性能试飞，并根据各型飞机的性能和高原飞行特点，对参加试航的飞机进行改装和加装设备，并研究航线情况。空军确定，由空军第13师出动3架伊尔-12、1架C-46型飞机由西宁经黄河沿、玉树向拉萨试航；空军独立第4团出动图-4型飞机予以协助。试航前，在西宁组成试航指挥所，整修西宁、玉树机场，修建当雄机场，组建场站保障机构和建立黄河沿、黑河等导航点及转运站，筹集各种车辆80余台，赶运物资、油料、器材1357吨。试航分三个阶段进行。

第一阶段，主要是掌握西宁至玉树航线情况。1956年3月19日、25日，空军独立第4团团长姚长川机组两次驾驶图-4型飞机载第13师试航人员由陕西武功机场起飞，从空中勘察西宁至玉树航线，测定标高，校正地形地标。3月下旬，第13师副师长韩琳率3架依尔-12、1架C-46型飞机进驻西宁机场后，进行了西宁至玉树航线的试航。

第二阶段，主要是掌握玉树至当雄航线及预建的当雄机场情况。4月3日，姚长川机组驾驶图-4型飞机载韩琳机组从武功机场起飞，至拉萨上空观察照相，随后返航，往返飞行10小时10分。8日，第13师试航人员和飞机由西宁转至玉树机场后，连续2天对依尔-12型飞机的起落滑跑距离和上升下滑曲线进行实测。19日，独立第4团1架图-4型飞机对当雄机场进行空中照相，为伊尔-12型飞机降落提供资料。22日，该团图-4型飞机从武功机场起飞，再次飞临拉萨上空，测得沿线最高峰海拔5 700米，航线飞行高度6 000～6 500米。25日和29日，分别起飞2架依尔-12型飞机，进行玉树至当雄航线试航。

第三阶段，主要是保证依尔-12型飞机在当雄机场临时跑道上安全着陆和起飞。5月26日6时20分，韩琳机组驾驶伊尔-12型飞机由玉树机场起飞，9时23分在当雄机场着陆。随后，该机又进行航线起落飞行，起飞滑跑距离为1 610米。这是飞机首次在西藏高原着陆和起飞。28日、29日，第13师的另2架依尔-12型飞机，也先后在当雄机场降落，空军在青藏高原开辟拉萨航线获得成功。

5月29日，国防部致电空军并转西宁、拉萨试航部队等单位，对参加试航的空、地勤人员表示祝贺，并予以通令嘉奖。 (王叶红)

Kongjun Chengli Chuqi Zhengxiu Kuojian Jichang

空军成立初期整修扩建机场 (Refitting and Enlarging Airfields in the Early Period of the CPLA Air Force) 1949年11月至1950年底，中国人民解放军空军整修、扩建机场的活动。中华人民共和国建立前后，空军接收旧机场542个。这些机场因跑道质量、规格等绝大部分不能适应空军使用需要，新建机场又受当时国家经济条件和时间限制，整修、扩建旧机场成为空军成立初期的重要任务之一。1949年11月28日，空军向中央军委提出整修机场的建议，经批准立即整修开办航空学校和华东地区担负解放沿海岛屿作战任务急需的机场。



飞机首次在拉萨机场降落

为适应机场修建工程需要，1950年6月23日，从各军区抽调7个工程连给空军，组成5个机场修建工程大队。8月10日，空军提出勘选机场的4项原则，经批准后，组织实施。①须有便利的交通条件，靠近铁路，以利补给；②机场原有建筑物较好，易于修建，用费较小，以便节约开支；③不过分抵近海岸线，使新的空军部队能比较安全地进行训练；④适当照顾到进攻台湾时便于出动到第一线、整个国防的需要以及各师驻地在可能条件下尽量集中。9月6日，空军后勤部颁发《关于建立空军基地的规定》，其中对机场的净空条件、跑道规格、油库容量、营房及设备等都作出具体规定，统一了各地机场修建规格标准和技术要求。

至1950年底，空军组织整修、扩建机场共68个。其中，为开办航空学校和准备通航，整修了沈阳北陵、于洪屯，锦州北，长春大房身、宽甸子，哈尔滨马家沟、双榆树，牡丹江温春、海浪、兰岗，济南，张家口，太原，新乡，保定等22个机场；为配合准备解放舟山、金门、台湾的作战和上海防空作战，整修、扩建了徐州大郭庄，上海大场、虹桥、江湾，福州，衢州，南京大校场等17个机场；为保障空军部队训练及国土防空作战需要，整修、扩建了鞍山、辽阳、安东(今丹东)、东丰、公主岭、唐山、杨村、王家墩等16个机场；朝鲜战争爆发后，在东北地区整修13个机场。

整修、扩建机场是在时间紧、任务量大、经验和技术人员缺乏的情况下进行的。组织领导、动员民工、筹措材料及施工等项工作主要依靠各地政府和各大军区。空军主要负责提出机场技术规格要求、供给经费、派人指导和现场检查。各地方政府和军区领导对机场修建工作都十分重视，在修建任务比较重的东北、华北和华东地区成立了由党、政、军共同组成的机场修建委员会，负责组织施工。各机场所在地的省、市也组织了修建委员会，在大区修建委员会的统一领导下开展工作。铁路专用线和通讯工程的修建、电源及高(低)压线的架设等，均由中央有关部门统一安排。修建机场所需的钢材、木材、水泥等大宗建筑材料，由国家重工业部调拨或在各省、市就地筹措，有的则由修建委员会临时采购解决。整修、扩建旧机场，是人民空军机场网建设的开端，这些机场整修、扩建的按时完成，保证了航

空学校、部队以及来中国协助防空作战的苏联空军部队的紧急需要，为人民空军的发展奠定了基础。（王叶红）

di-yi pi nü feixingyuan

第一批女飞行人员 (first batch of airwomen) 1951年4月，中国人民解放军空军从华东军政大学和航空预科总队选调55名女学员，进入第7航空学校学习，编为该校第二期丁班。这是中华人民共和国培养的第一批女飞行人员。根据机组成员配套需要，培训飞行员14名、空中领航员6名、空中通信员5名、空中机械员30名。使用PT-19型和"九九"式教练机进行训练。11月，首批女飞行人员毕业，分配到空军运输航空兵部队。其中，飞行员有黄碧云、邱以群、戚木木、施丽霞、陈志英、何月娟、武秀梅、阮荷珍、周真明、万婉玲、周映芝、王坚、伍竹迪、秦桂芳。



第一批女飞行员合影

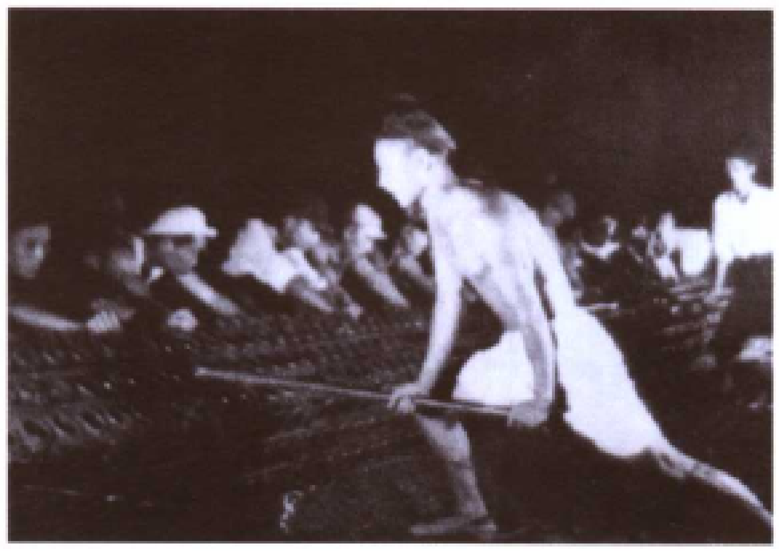
1952年3月8日，第一批女飞行员为首都各界妇女代表进行飞行表演。6个女空勤组驾驶6架里-2型运输机从北京西郊机场起飞，编成纵队队形，13时通过天安门上空。3月24日，毛泽东、刘少奇、周恩来等在中南海接见参加飞行表演的全体女飞行人员，对她们进行勉励，并合影留念。此后，空军首批女飞行人员驾驶飞机执行空运、空投、抢险救灾、人工增雨(雪)、航空测量、科研试飞和专机飞行等任务，为国家和军队建设做出贡献。

（王叶红）

Qiangxiu Chaoxian Jichang

抢修朝鲜机场 (Rushing to Repair Airfields in North Korea) 抗美援朝战争初期，中国人民志愿军为保障志愿军空军进驻朝鲜作战需要，组织抢修朝鲜境内机场的工程。志原军空军入朝参战准备的重要任务之一。

1950年12月~1951年1月，中国人民志愿军对朝鲜北部机场进行了实地勘察，提出了抢修原则。经与朝鲜方面商定，抢修工程分两批进行。第一批在平壤以北、安州以南及平壤以南地区新建6个供喷气式飞机使用的机场。其中，平壤以北、安州以南地区的4个机场为混凝土跑道的顺川、顺安机场，钢板跑道的永柔、南阳里机场，由中国人民志愿军负责修建。主要施工任务以志愿军陆军部队为主，志愿军空军及朝方派人参加，共同组成机场修建指挥机构，统一指挥派往机场担任修建任务的部队。1951年3月下旬，第一批机场工程开工。1951年8月中旬，第二批增修泰川、南市、院里3个供喷气式飞机使用的机场，全部由中国人民志愿军负责修建。9月18日动工。10月，经中朝双方共同努力，先后分两批在朝鲜境内抢修了17个作战机场。其中，9个新建的供喷气式飞机使用的机场共动用人工350多万个，从中国调运水泥5.6万余吨、钢板36万余块、油罐794个，以及其他物资。新建机场修建过程中，遭侵朝美军轰炸119次，部队伤亡1 100余人。由于美军在朝鲜战场占有空中优势，这些机场经常遭到空袭，最终未能使用。1952年，在朝鲜境内修建机场的中方人员陆续撤回国内。



抢修野战机场跑道

（王叶红）

Kongjun Canjia Liaodong Bandao Kang Denglu Yanxi

空军参加辽东半岛抗登陆演习 (Air Force Attending Anti-Amphibious Landing Operation Exercise in Liaodong Peninsula) 1955年11月，中国人民解放军空军参加在辽东半岛举行的抗登陆战役演习。演习由中国人民解放军训练总监部组织，叶剑英担任总导演。演习的主要内容包括：现代条件下的快速战役准备；海岸防御作战；反突击作战；向主要方向的机动、反空降作战等。

空军参加演习的课目是：在使用原子与化学武器条件下的方面军抗登陆战役中，对主要方向诸兵种合成集团军的航空保障。主要任务是：掩护方面军的主要部署不遭受蓝方突击；对接近己方海岸的蓝军登陆兵实施突击；支援第二梯队的反突击和保障集团军的反突击；支援方面军抗击蓝军空降兵着陆和消灭已着陆的蓝军空降兵；按计划进行空中侦察。参演单位、人员、装备有：空军司令部和沈阳、兰州军区空军司令部及空军第2、第3军的主要领导干部和部分机关人员，30个师(团)级单位，9 363人，各型飞机199架、车辆726台。空军司令部和沈阳军区空军司令部各一部组成空军助理导演部兼空军集团军司令部，空军副司令员王秉璋任空军助理导演兼空军集团军司令员。演习共出动各型飞机428架次。其中，配合海岸防御出动203架次，配合集团军反突击出动162架次，配合反空降出动63架次，按计划完成预定任务。



参加演习的空军航空兵部队

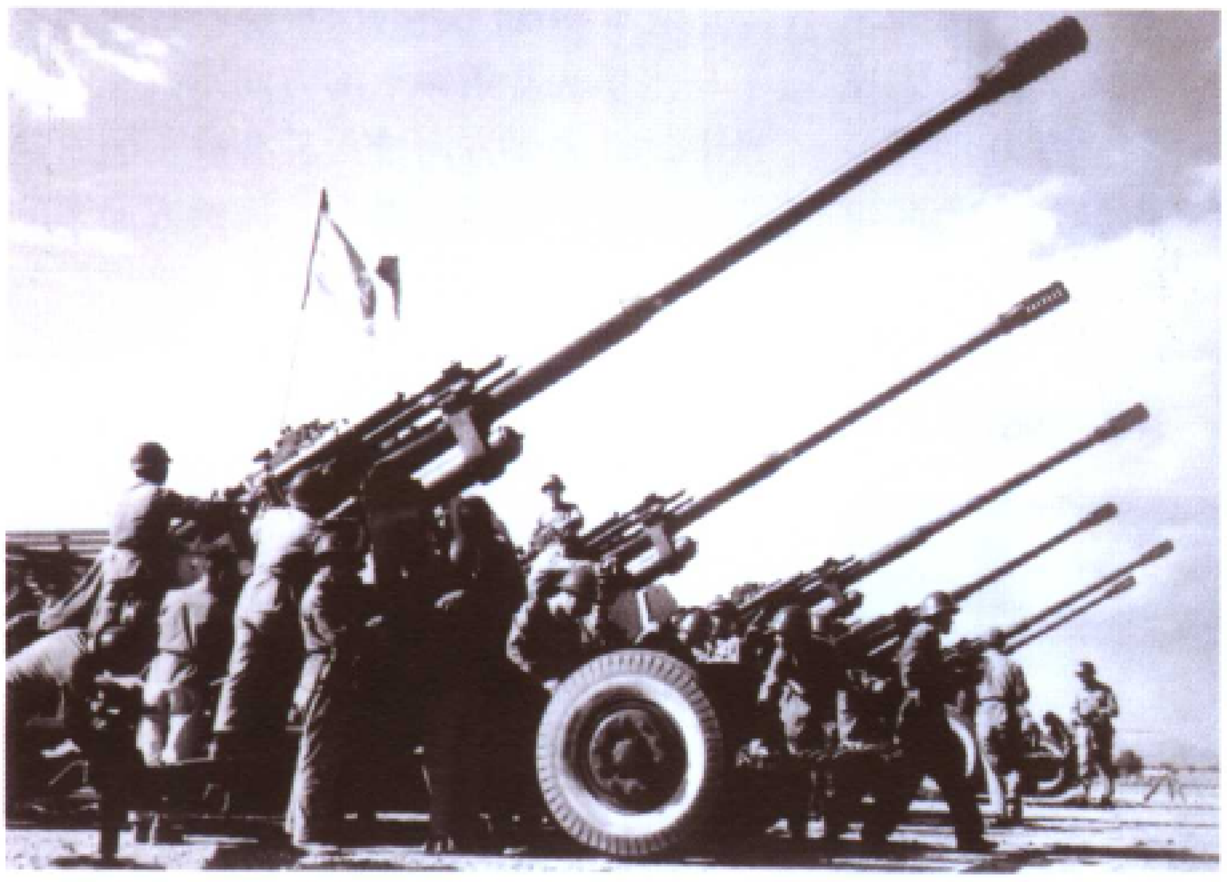
这是空军建立以来第一次参加陆、海、空军大规模战役演习。

通过演习，空军机关和部队学习了在使用原子、化学武器条件下抗登陆战役及空军集团军战斗行动组织与实施的理论，高级指挥员和司令部初步掌握组织指挥现代战役演习的程序和方法，实际检验辽东方向的战备情况。

（王叶红）

Kongjun Fangkongjun Hebing wei Kongjun

空军防空军合并为空军 (Incorporation of the CPLA Air Force and the CPLA Air Defense Force) 1957年1月，中央军委决定，中国人民解放军空军与防空军合并为空防合一的空军。空军与防空军是中华人民共和国成立后建立的两个独立军种。空军成立于1949年11月11日，刘亚楼任司令员，萧华任政治委员兼政治部主任。1950年12月16日，中国人民解放军防空司令部在北京成立，周士第任司令员，钟赤兵任政治委员。1955年3月，防空部队改称防空军。杨成武兼司令员。1957年5月，防空军由高射炮兵、探照灯兵、雷达情报兵等组成，共有1个防空军领导机关，沈阳、北京、南京、广州等4个军区防空军领导机关，1个防空军军部、11个师部，8所学校，共14.9万人。



空、防合并后高射炮兵部队

1957年1月，中央军委扩大会议作出《关于裁减军队数量加强质量的决定》，将陆、海、空、防空、公安5个军种改为陆、海、空3个军种，空军与防空军合并为空军，撤销公安军。2月21日，中央军委决定空防合并的具体问题由空军、防空军共同研究提出方案，报中央军委批准实施。2月28日和3月4日，空、防两个军种党委召开两次联席会议，研究合并后的组织形式，主要干部配备，新党委组成，合并的步骤和时间，思想政治工作等问题。关于组织形式，会议决定：①防空军高射炮兵、探照灯兵和雷达情报兵的指挥机构和部队保留，空军原有的雷达分队编入雷达情报兵。这3个兵种归合并后的空军司令部建制。②防空军和空军机关的同类业务部门合并，其他附属机构待上述单位合并后再具体研究确定。③防空军和空军的各级防空作战指挥所，合并组成统一的防空作战指挥所。④防空军的学校保留。在空军和防空军领导机关未合署办公前，由两个军种党委常委组成中国共产党空军、防空军合并工作委员会，负责研究合并的具体事宜。

3月26日，中央军委公布两军种合并后空军主要领导干部任职名单：空军司令员刘亚楼，政治委员吴法宪，副司令员王秉璋、刘震、成钧、曹里怀、谭家述、常乾坤、徐深吉。5月15日，空防合并后的中国共产党空军委员会第一次全体会议在北京召开，会上，宣布由52人组成的中国共产党空军委员会名单，选举10名中国共产党空军委员会常务委员。合并工作委员会即行撤销。5月16日，总参谋部通知，两军种直属机关5月17日零时起合署办公。各军区空军、防空军机关于5月20日～9月5日先后合署办公。防空军所属各部队、学校番号改冠以“中国人民解放军空军”。至此，空军和防空军的合并工作结束。（王叶红）

Kongjun Jizhong Bianshen Fagui Jiaocai

空军集中编审法规教材 (Air Force Concentrative Compiling of Regulations and Teaching Materials) 1959年11月～1965年8月，中国人民解放军空军集中组织编写审定条令、条例、大纲、教程和教材的工作。空军成立初期使用的条令、教材，基本是照搬苏联空军的。为适合中国人民解放军空军情况和特点，从1957年开始陆续组织编写和修改条令、教材工作。不久，因开展整风运动而停顿。1958年5月，毛泽东提出：“一定要搞出我们自己的战斗条令来”。随后，中央军委扩大会议作出决议：“在一两年内编写出适合我军情况和需要的条令。”1959年1月16日，空军决定组织力量，全面编写条令、教材。成立条令编审委员会，由曹里怀负责统一领导综合性条令的编写工作。各师、校以上单位根据编写与修改任务的需要，成立了相应的编审机构。11月，空军党委决定加强领导力量，改变组织形式，确定由刘亚楼、曹里怀、常乾坤3人(1960年5月增加刘震、谭家述)组成条令教材编审小组，刘亚楼任组长。从机关、部队、院校抽调有实践经验和一定理论水平的人员组成各类编写组，集中在杭州、北京、上海、徐州、三原、临潼、涿县等地，从事编写工作。编写人员最多时达1 112人。1965年8月，根据中共中央、中央军委的统一部署，军队干部要参加地方社会主义教育运动，条令教材编写工作告一段落。完成条令、条例、教令55本，操典、大纲、规范57本，战术教程、教科书、战例24本，技术原理教程、教科书153本，政治文化教材10本，其他7本，共计306本。这是空军成立以来规模最大的一次理论建设。

（王叶红）

Kongjun Da Biwu

空军大比武 (Air Force Extensive Competition of Military Skills) 1964年7～10月，中国人民解放军空军组织各兵种、各专业人员进行的军事技能、业务技术比赛活动。1964年5月15日，中国人民解放军总参谋部、总政治部发出举行全军比武大会的指示。空军确定，先按兵种进行比赛，然后选出尖子参加全军比武。成立以曹里怀为组长、周彪为副组长的空军比武领导小组。

7、8月，空军在河北杨村(今天津杨村)、山西大同、山东潍县(今潍坊)、上海、河北唐山、北京分别组织了航空兵、空降兵、高射炮兵、探照灯兵、雷达兵和通信



轰炸机中队低空实弹轰炸

兵的比武，9、10月在北京和南京分别举行后勤和气象系统的专业比武。

空军大比武按兵种、专业分别组织实施。①航空兵比武。歼击、轰炸、强击航空兵的比武项目分别是空靶射击、低空中队实弹轰炸和通信射击员结合进行对地靶实弹射击、中空单机俯冲轰炸和低空单机俯冲射击。参加比武的有歼击机飞行员10名；3个轰炸机大队，飞行人员90名；3个强击机中队，飞行员15名；机务人员和工作人员755名。评出一等奖22人、二等奖25人、三等奖6人，3个轰炸机大队和3个强击机中队分别获奖。②高射炮兵和探照灯兵比武。共38个项目。选手来自28个高射炮兵团、6个探照灯兵团，共365人。评出尖子分队12个、尖子号手47名、郭兴福式教练员9名。③雷达兵比武。共55个项目。选手来自30个雷达团、2个独立雷达营共205人。评出尖子战勤班24个、操作技术尖子103名、郭兴福式教练员15名。④空降兵比武。选出16个建制班、1个战斗小组以及各种技术尖子共218人，组成代表队参加全军步兵、炮兵、侦察兵、工程兵和防化兵的比赛和表演。⑤通信兵比武。共33个项目。10个代表队共276人参加。评出尖子分队40个、技术尖子66名、郭兴福式教练员42名；初步选定24个项目、110人组成空军通信兵代表队参加全军通信兵比武。⑥后勤业务技术比武。分车管、军械、油料、航材、机营、军需、卫生等专业共15个项目。8个尖子分队、2个代表组和尖子个人共86人参加比武。有10个单位获集体奖、38人获个人奖。⑦气象专业比武。分气象观测、报务填图和探空3个专业11个项目。8个代表队、104人参加比武，均取得优良成绩。

参加空军大比武的有10个代表队，102个尖子分队，77名教练员，367名技术尖子，共950人。在117个集体项目中，获一等奖23个，二、三等奖69个；在570个个人项目中，获一等奖141个，二、三等奖266个。比武中，涌现出一批神枪手、神炮手和技术能手。各兵种、各专业一批尖子分队和个人所创造的成绩，较大幅度地超过了大纲规定的优秀标准。通过比武，全面检阅了空军各兵种部队的训练成绩和战斗力，进一步掀起练兵热潮，部队的军事素质明显提高。

9月8日，空军在北京南苑机场进行比武成果汇报表演。有9个航空兵师、1个空降兵师、3所航空学校，11种机型、70架飞机，133名飞行人员、78名空降兵人员、603名各专业人员表演了14个项目。贺龙、叶剑英、罗瑞卿等领导人观看表演，并接见参演人员。

（王叶红）

Kongjun Canjia Quanjun Da Biwu
空军参加全军大比武 (Air Force Attending the CPLA Extensive Competition of Military Skills)　1964年7～8月，中国人民解放军空军派出空降兵和通信兵两支代表队参加总参谋部组织的全军军事技能及业务技术比赛。空降兵第15军代表队由16个建制班、1个战斗小组以及各种技术尖子共218人组成，参加步兵、炮兵、侦察兵、工程兵和防化兵共45个项目的比赛和表演，获集体奖23个，其中一等奖7个，二等奖13个，三等奖3个；获个人奖55个，其中一等奖7个，二等奖30个，三等奖18个。空军通信兵代表队由17个尖子分队和7名技术尖子组成，参赛的24个项目全部获奖，其中一等奖7个，二等奖10个，三等奖7个。

（王叶红）

Di-yi Ci Kongtou Yuanzidan Shiyan
第一次空投原子弹试验 (First Airdrop Test of Atomic Bomb)　1965年5月14日，中国人民解放军空军首次执行的空投原子弹试验任务。

中国的原子弹研制工作，从1960年初全面展开。1964年10月16日，在新疆罗布泊附近的沙漠上进行了首次地爆核试验。1965年2月，中央军委决定，第二次核试验时，用飞机空投核弹，并将任务下达给空军。空军确定由空军第36师担负空投试验任务。该师受领任务后，确定副师长李源一机组为正式机组，徐文宏机组为预备机组。正式机组成员为：机长李源一、副驾驶员刘景新、第一领航员于福海、第二领航员张公祥、通信员孙兴富、射击员韩惠安。

5月14日上午，李源一机组驾驶载有



原子弹空爆试验

原子弹的图-16型轰炸机起飞。10时，该机组从万米高空准确地将原子弹投向靶标。据地面雷达测定，原子弹爆炸时距靶心仅40米。首次空投原子弹爆炸试验获得成功。5月30日，周恩来、邓小平、聂荣臻在北京接见了参加试验的代表李源一、于福海等人。该机组荣立集体一等功。

（王叶红）

Di-yi Ci Kongtou Qingdan Shiyan
第一次空投氢弹试验 (First Airdrop Test of H-Bomb)　1967年6月17日，中国人民解放军空军首次执行的空投氢弹试验任务。

1966年12月28日，中国在新疆罗布泊用塔爆方式成功地进行了氢弹原理试验。1967年2月20日，空军和有关部门向周恩来、聂荣臻汇报了氢弹试验准备



首次氢弹空爆试验

工作情况。中央军委决定由空军担负空投氢弹试验任务。空军将该任务下达给空军第36师。该师受领任务后，确定由第108大队政治委员徐克江机组为执行任务正式机组，张文德机组为预备机组。6月17日晨，徐克江机组(由机长徐克江、副驾驶王庚臣、第一领航员孙长福等6人组成)驾驶载有氢弹的轰-6甲型轰炸机起飞，8时许，该机组从高空将氢弹投向靶标，氢弹在距靶心315米、距地面2 960米高度爆炸，威力为330万吨梯恩梯当量。首次空投氢弹试验获得成功。试验结束后，聂荣臻接见了机组全体成员。6月20日，空军给徐克江机组记集体一等功。

(陆文至)

Liangge Da Jiancha

"两个大检查" (Inspections on Two Large Scales) 1977～1978年，中国人民解放军空军对飞机、飞行技术普遍进行的大规模检查。简称"两个大检查"。

1977年7月27日，空军领导同志向中央军委副主席邓小平汇报关于空军发生飞行事故的情况，邓小平指示："你们停下来检查一下，要检查飞行员的原因，飞机的原因，要好好进行整顿，不然风气搞坏了。飞机要普遍进行大检查，技术要普遍进行大检查"。为落实这一指示，29日，空军作出开展"两个大检查"的决定，由空军副司令员曹里怀、吴富善分别负责，组成飞机装备大检查和飞行技术大检查两个领导小组。①飞机大检查。首先在19个不同机型的部队进行试点，然后全面展开。1978年2月，组织由机关、部队干部，驻厂军事代表和工厂技术人员100多人组成的17个工作组，到部队、院校和仓库进行两个月调查，摸清装备质量问题212项。采取了相应的整改措施。②飞行技术大检查。主要是对飞行员的飞行技术逐个进行考核，并对1 000多名飞行指挥员和近200名师、校领导干部进行考核，发现不少飞行人员航空理论水平低，基本驾驶技术不过关，多数歼击机飞行员攻击技术差、命中率低，强击、轰炸机飞行员投弹误差大，1/3的指挥员不胜任指挥。针对发现的问题进行整顿，加强对飞行人员基础训练，提高装备管理维护水平。"两个大检查"对保证飞行安全起到重要作用。1978年2月27日，空军向中央军委报告了飞行技术大检查情况。

(王叶红)

Shi Da Zhengdun

"十大整顿" (Rectification in Ten Aspects) 1978年，中国人民解放军空军对各部门、各项工作进行全面整顿，主要包括10个方面，简称"十大整顿"。

1977年12月，中央军委决定，通过5年努力，使军队军政素质达到一个新水平，装备工作达到一个新水平，革命化、现代化建设达到一个新水平。1978年1月14～27日，空军党委召开扩大会议，贯彻落实中央军委决定，结合空军实际情况，提出用1年时间在10个方面对空军各部门、各项工作进行全面整顿。①整顿领导班子。至年底，把军、师、团三级领导班子调整完毕，解决"软、懒、散"问题。②整顿规章制度。建立各类人员岗位责任制，明确干部、战士的职责和要求。③整顿训练工作。真正把教育训练摆到战略位置，重点抓好飞行技术、航空理论基础训练，院校要加紧培训各类人才。④整顿战备工作。恢复和健全各项战备规章制度，拟制、修订各种作战计划、预案，抓紧装备的维护修理。⑤整顿政治工作。重点是各级政治机关，端正思想路线，纯洁干部队伍，发挥政治机关的职能和作用。⑥整顿纪律。强调坚决执行命令，一切行动听指挥，做到令行禁止，步调一致。⑦整顿航空机务工作。恢复以往行之有效的机务维护规章制度，改进维护作风，提高维护质量。⑧整顿后勤工作。坚持勤俭建军方针，加速后勤战备建设，积极筹措战备物资，提高后勤保障能力。⑨整顿机关。加强业务建设，提高工作效能。⑩整顿作风。贯彻治军要严的指导思想，恢复和发扬实事求是、群众路线、民主集中制、批评和自我批评、艰苦奋斗等优良传统和作风。

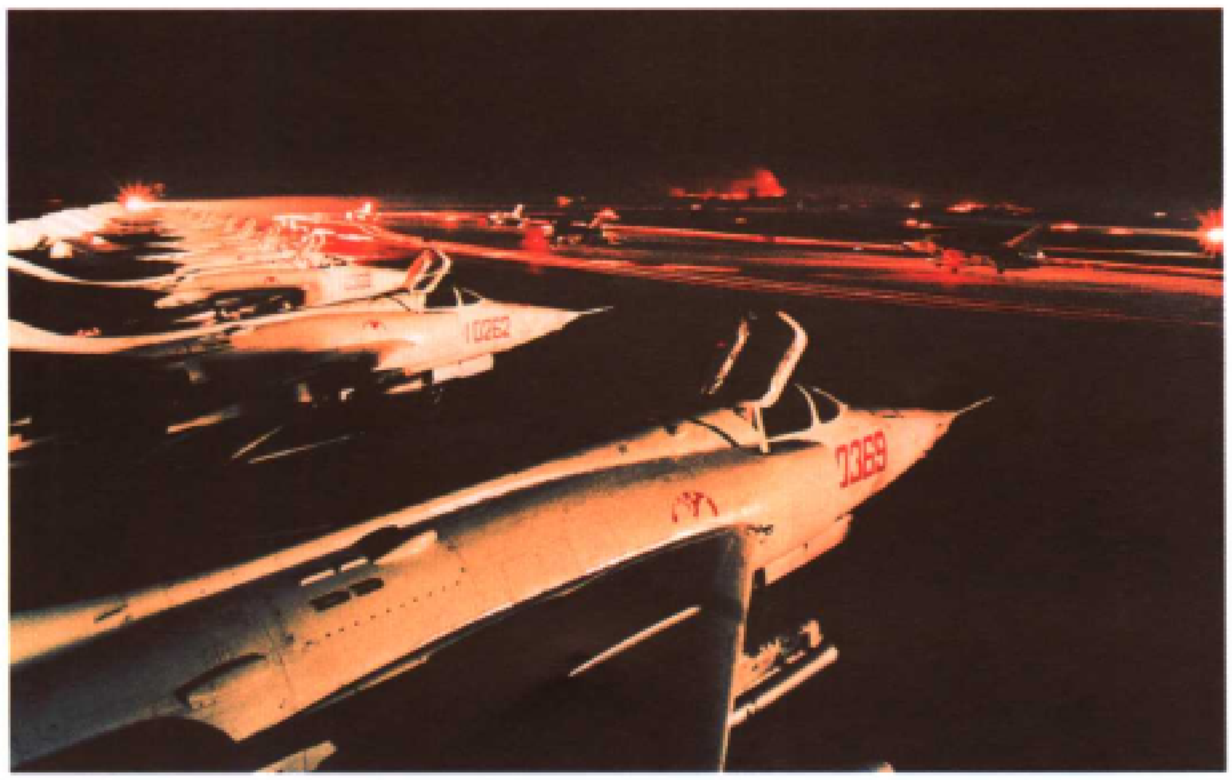
1978年底，"十大整顿"基本完成。通过整顿，师以上单位领导班子调整81.4%，"软、懒、散"状况得到扭转。从上到下建立岗位责任制，修订和恢复了各种规章制度，部队和院校训练质量明显提高，各项工作走向正规。

(王叶红)

Kongjun Hangkongbing Budui Chuang Jialeituan Huodong

空军航空兵部队创甲类团活动 (Activities of Creating First-Class Regiments in Air Force Aviation Troops) 中国人民解放军空军为提高航空兵部队作战能力开展的争创甲类团的活动。甲类团是指达到规定标准、能在比较复杂的条件下执行作战任务的团。1963年，空军根据航空兵部队训练水平，划分为一、二、三类团，1964年改为甲、乙、丙类大队(相当团)。"文化大革命"期间，这项工作停顿。1978年，空军重新提出大力加强航空兵部队的甲类团建设，规定了具体标准：歼击机、强击机部队甲类团能在昼间简单、复杂气象条件下执行各种作战任务，能在夜间简单气象条件下单机机动转场；轰炸机部队甲类团能在昼间简单、复杂气象及夜间简单气象条件下执行各种作战任务，能在夜间复杂气象条件下单机机动转场。各机种部队甲类团达到上述标准的飞行员(机组)数，不能少于团编制飞机数。1979年，空军进一步提出甲类团的5项奋斗目标：高度的机动能力；高超的射击、轰炸技术；灵活的战术动作；强健的体质；高度的政治觉悟、严格的纪律和英勇顽强的作风。随后，空军采取相应措施，加速甲类团建设。1980年11月，空军组织甲类团空中射击、轰炸比赛，参赛飞行人员3 282名，在18个比赛项目中，有607人、966次打破空军射击、轰炸比赛项目成绩的最高纪录，标志着甲类团的作战能力达到新水平。到1980年底，空军甲类团数量比1977年增加5倍，素质有很大提高。

1980年以后，空军在保持甲类团数量稳定的同时，着重抓了甲类团的质量建设，先后多次修订甲类团标准。1981年，对甲类团增加三项要求，即每个团(截击机大队)有5名优秀飞行指挥员，5名能担任讲授飞行原理、空中射击(轰炸)、空中领航、飞行技术和战术理论课的飞行人员；射击、轰炸技术考核成绩良好以上的次数占总次数的70%以上；一年必须完成3个战术课题的训练。1984年，在原标准上，又规定每个甲类团要培养1～2个能应付突发事件的作战小分队；每个小分队保持4～6名具有快速反应和特种作战能力的飞行员(机组)。1987年，空军重新修订甲类团标准，除调整飞行员(机组)数外，进一步提高要求，规定歼击机、强击机部队甲类团必须达到4种气象训练水平，能随时遂行作战任务；各机种部队甲类团要完成必飞课目，并参加合同战术演习等。1990年以后，随着部队编制体制调整、训练体制改革和武器装备的更新，甲类团的评定范围从航空兵部队扩大到训练基地和飞行学院，分为甲类战斗团和甲类训练团，按相应标准分别评定。



夜航训练 张其金摄

经过20多年的探索和实践，甲类团的训练逐步由技术训练转变到以战术训练为主；由单一飞行员的训练转变到以部队整体训练为主；由单一兵(机)种训练转变到以合同战役训练为中心，使航空兵部队战斗力达到更高水平。

(王叶红)

Kongjun Zhanbei Xunlian Huibao Biaoyan

空军战备训练汇报表演 (Report-back Exhibition of Air Force Training for War Readiness) 1978年10月12日，中国人民解放军空军在天津杨村机场组织的战备训练汇报活动。空军副司令员吴富善任总指挥，副政治委员黄立清任副总指挥。参加汇报表演的有各军区空军比赛中选拔的轰炸、射击等23个单位、11种机型、100余架飞机、1 710人。其中，飞行人员216人、地勤人员801人、空降兵140人，跳伞运动员52人。表演了歼－6型飞机4机编队特技飞行，歼侦－6型飞机双机低空侦察，航空兵第1师师长张怀连和第15师师长韩德彩驾驶歼－6型飞机对空靶实弹射击，1个歼－6型飞机中队对地靶实弹射击，2个强－5型飞机中队对地靶轰炸、射击，3个轰－5型飞机中队低空跟进对地靶轰炸，歼教－5型飞机螺旋飞行，歼－6型飞机特技对地靶射击，歼－6、歼－7型飞机对抗空战，空降兵加强连伞降，八一跳伞队特技跳伞等15个项目。中共中央、中央军委领导人华国锋、叶剑英、邓小平等在空军司令员张廷发、政治委员高厚良陪同下观看汇报表演，并接见了参演人员。观看表演的还有国家机关、总参谋部、总政治部、总后勤部及驻京部队各大单位的领导和机关干部3 000余人。

(庄志谦)



歼－6飞机对地靶实弹射击 王立平摄

Kongjun Canjia Huabei Diqu Junshi Yanxi

空军参加华北地区军事演习 (Air Force Attending Military Exercise in North China) 1981年9月14～18日，中国人民解放军空军参加在华北地区进行的方面军防御作战演习活动。为贯彻中央军委积极防御战略方针，进一步研究战役、战术问题，中国人民解放军总参谋部委托北京军区举办一次以研究坚守防御作战为中心的全军高级干部战役集训班，在此基础上组织实兵战役演习。空军派部队参加了演习。

空军参加演习的有：航空兵部队12个师、3个独立团、12个场站，1个空降兵师，指挥机关有北京军区空军和2个军级指挥所，近3万人、475架飞机。机型有歼－7、歼－6、轰－6、轰－5、强－5、安－26、直－5等。9月14～18日，空军分别参加在河北省张北、万全、张家口、宣化地区按模拟“蓝军”坦克师进攻、空降反空降、步兵师坚固阵地防御、战役反突击4个课题组织的演习。共出动30个团次，114批838架次飞机。①歼击机部队担负空中巡逻、掩护和夺取战区制空权，做到按时到达，形成层次配备，编队之间协同密切。②强击机部队先后对13个地面目标轮番进行双机同时俯冲攻击，火箭命中率98.3%、炮弹命中率90%。③轰炸机部队共出动129批，按时到达误差有60%在0秒，其余均在12秒以内。实投炸弹880枚，全部命中目标；空中布雷取得良好效果。④侦察机分队对战场目标进行照相侦察，完成率达95.5%。⑤运输机部队执行空运、空投任务，30架安－26型飞机在山地狭窄地域编队飞行，为空降兵部队密集空降在预定地域创造了条件。⑥直升机部队执行了机降、布雷、转移指挥所和炮兵阵地、救护、运送物资、模拟武装攻击等各种任务。⑦电子干扰机分



轰－6飞机投弹

队按计划完成任务，显示了电子对抗的复杂情况。⑧空降兵部队在预定地域伞降1 191人，机降107人。空军参加演习的部队在任务多变、地形和气象比较复杂的情况下，基本做到按计划出动，准时到达，协同动作准确，较好地体现了航空兵在合同作战中的作用和威力。

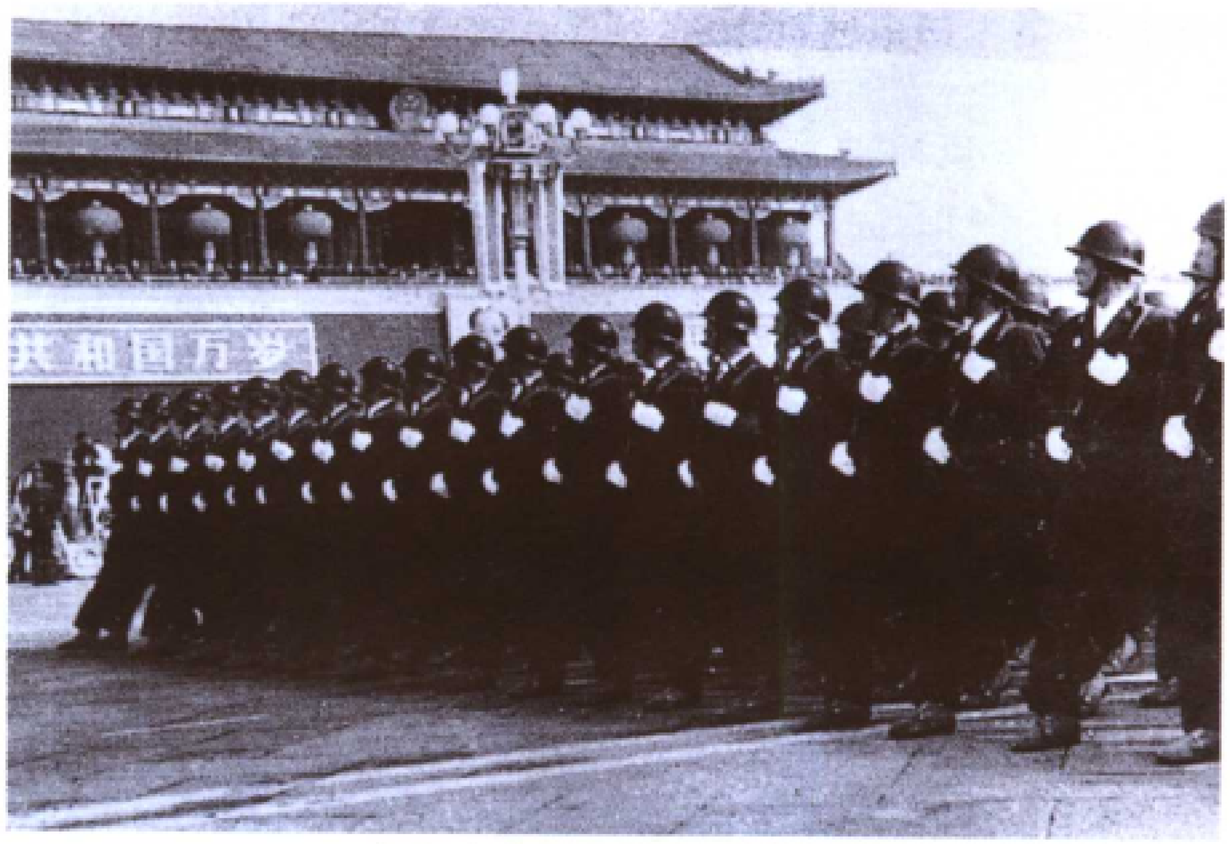
演习结束后，9月19日在张家口进行阅兵。空军部队参加受阅。空中梯队共7个：第1梯队由1架轰－6型飞机和8架歼－6型飞机编成9机楔队；第2梯队由18架轰－6型飞机编成6个3机“品”字队形；第3梯队由25架轰－5型飞机编成5个5机楔队；第4梯队由24架强－5型飞机编成6个4机楔队；第5梯队由25架歼－6型飞机编成5个5机楔队；第6梯队由24架歼－7型飞机编成4个6机箭队；第7梯队9架歼教－5型飞机编队作特技飞行表演。地面方队共7个，其中2个徒步方队，3个地空导弹兵方队，2个高射炮兵方队。中央军委主席邓小平观看了演习，检阅了部队。空军参加演习和受阅的部队均完成预定任务。

（陆文至）

Kongjun Canjia Guoqing 35 Zhounian Yuebing

空军参加国庆35周年阅兵 (Air Force Attending National Day Military Review on the 35th Anniversary)　1984年10月1日，中华人民共和国在北京举行阅兵，中国人民解放军空军空中受阅梯队和地面方队接受党和国家领导人检阅。

空中受阅梯队由轰－6、歼教－5、强－5、歼－7型飞机共94架组成。编为4个梯队，第1梯队是领队护卫梯队，由空军航空兵第8师师长徐水香机组驾驶的轰－6型飞机领队，空军航空兵第38师表演大队大队长侯洪仁带领8架歼教－5型飞机分列两侧，呈楔队队形；第2梯队是轰炸机梯队，由空军航空兵第8师副师长许振远带队，18架轰－6型飞机编成6个“品”字跟进队形；第3梯队是强击机梯队，由空军航空兵第50师师长刘珍业带队，32架强－5型飞机编成8个4机左梯队跟进队形；第4梯队是歼击机梯队，由空军航空兵第1师师长魏光修和空军航空兵第3师副师长陈福穆带队，35架歼－7型飞机编成7个5机楔队跟进队形。受阅当天，华北地区气象条件很差，起飞机场、受阅飞行航线和北京城区上空云低雾重。大部分飞行员在飞行航线上看不清地标，梯队中各编队多数是后者看不清前者，给空中梯队保持航线和跟进队形造成极大困难。各梯队严格保持飞行诸元，在地面指挥所引导下，10时50分，领队机梯队准时通过天安门上空，护卫机拉出彩色烟带；后续梯队除强击机梯队有两个中队在云中丢失前方编队偏离天安门广场外，都按时通过，整个空中编队总长57.86千米，在云雾中时隐时现，有时仅能听到飞机呼啸声，通过天安门的时间为4分31秒。在如此复杂的气象条件下组织空中受阅，是中华人民共和国成立以来最困难的一次，体现出空军部队训练有素，技术高超，特殊情况处置方案周密，各级指挥保障有力。



空降兵受阅方队通过天安门

地面受阅方队4个：空军学院学员方队1个，空降兵徒步持枪方队1个，地空导弹兵战车方队2个。其中，空降兵方队以上甘岭特功8连和黄继光生前所在连为主组成，地空导弹兵战车方队以“英雄营”所在的导弹第4师抽组，每个方队前由2辆指挥车引导，后面是16辆导弹运输装填车牵引16枚红旗2号地空导弹。地面方队威武雄壮，整齐划一，展示了人民空军的精神风貌。

（陆文至）

Kongjun Jiguang Dianzi Moni Zhanshu Duikang Yanxi

空军激光电子模拟战术对抗演习 (Air Force Laser and Electronic Simulation Tactical Exercise)　1986年10月28日，中国人民解放军空军在天津杨村机场组织的激光、电子模拟战术对抗演习。演习的总课题为“红军坚守防御中空军对敌要地突击作战”。参加演习的有空军7个兵种、10种型号的75架飞机，各种车辆近900台。人员来自3个军区空军和空军直属院校、科研部门共22个单位，约3 000人。在多兵种、机种的参与下，使用36种、220余件激光电子模拟器材，进行了侦察反侦察、争夺制空权、突击反突击和空降反空降等4个课题的战术对抗演习。演习历时50分钟，空战射击命中率51.4%，轰炸命中率73%，取得了近似实战的效果。杨尚昆等领导人观看演习，并接见参演部队代表。这是空军成立以来，首次组织激光电子模拟战术对抗演习。同时，还举行了空军训练模拟器材展览，展出的模拟器材分6大系统，共21种、1 140余件。通过组


激光电子模拟战术对抗演习的看台　　王立平摄


利用激光设备实施对抗演习

织激光电子模拟战术对抗演习和举办模拟训练器材展览，推动了空军军事训练手段现代化的展览进程。

（庄志谦）

Kongfang-89 Shibing Zhanyi Yanxi

“空防－89”实兵战役演习（“Air Defense 89” Operational Exercise with Troops）　1989年10月17～19日，中国人民解放军空军组织的首都防空战役演习活动。代号为“空防－89”。演习目的是为了深化防空战役理论研究，训练高级指挥人员，检验首都防空体系。演习由空军及北京、沈阳、兰州、济南军区空军两级首长、机关并带动3个军级机构和22个师、旅及24个团级部队参加，在东西长1 800千米、南北宽1 200千米的广阔地域内，演练在局部战争背景下，保卫首都防空作战的课题，模拟“红蓝”双方的各型飞机战斗活动达800多架次。演习由空军司令员王海、政治委员朱光任总导演，刘志田、高兴民、于泽民分别担任演习中的“红军”空军司令员、政治委员和参谋长。实兵战役演习分4个课题展开。第1课题：17日下午17时开始，指挥员定下战役决心，紧急进行战役准备。“红军”指挥部根据导演设置的情况，及时下达预先号令，迅速修订作战计划，并组织实兵部署调整，完善指挥网点。第2课题：18日17时开始，导演部设置“蓝军”实施夜间空袭。“红军”指挥部根据己方夜间作战力量薄弱的情况，集中使用有限的夜航作战飞机，充分发挥地面防空兵力作用。同时根据导演部设置的主要方向上防空体系被打开缺口的情况，迅速采取调整补充和修复措施。第3课题：19日晨开始，昼间较大规模的反空袭作战。“红军”指挥部在判定“蓝军”空袭意图、定下抗击决心和明确区间协同后，各军区空军具体组织抗击行动。在抗击过程中，“红军”指挥部根据指示，计划对“蓝方”实施反击作战。第4课题：19日下午开始，利用“蓝方”空袭间隙，及时组织实兵反击作战。担负反击任务的“红军”轰炸、强击机群在歼击机群的掩护下，隐蔽、低空突入“蓝军”防区，分别对“蓝军”的雷达阵地、机场进行突击，“蓝军”的歼击机、高射炮、地空导弹部队进行抗击。演习于当日16时35分结束。

这次演习达到了预期目的。中央军委和总参谋部、总政治部、总后勤部领导人杨尚昆、洪学智、刘华清、迟浩田、赵南起等观看了演习。　（陆文至）

Kongjun Canjia Guoqing 50 Zhounian Yuebing

空军参加国庆50周年阅兵（Air Force Attending National Day Military Review on the 50th Anniversary）　1999年10月1日，中华人民共和国在北京举行建国50周年庆典，中国人民解放军空军空中受阅梯队和地面方队接受党和国家领导人的检阅。

这次空中受阅是人民解放军历史上参加机种、机型最多，指挥难度较大的一次。分别从陆、海、空军调集歼击机、强击机、歼击轰炸机、轰炸机、加受油机、新型战斗机、武装直升机等7个机种共132架，组成10个梯队。受阅飞机从7个机场起飞，沿6条航线按时飞到指定空域集合，并依次加入基准航线，准确无误地飞过天安门上空。整个编队全长75.64千米，通过天安门上空的时间为6分59秒。第1梯队是领队护卫梯队，由空中受阅总领队空军航空兵第36师师长高艾平驾驶轰－6H型飞机领队，8架歼－7E型飞机分列两侧，呈楔队队形。第2梯队是轰炸机梯队，由18架轰－6型飞机编成6个3机“品”字跟进队形。第3梯队是加受油机梯队，由2架轰油－6型加油机和


掩护“红军”轰炸、强击机群的歼击机编队　　吴森辉摄



参加国庆50周年受阅飞机的空中编队　　王立平摄

4架歼−8D型飞机组成2个3机“品”字队形。第4梯队是歼击轰炸机梯队，由6架歼轰−7型飞机组成6机箭头队形。第5梯队是强击机梯队，由12架强−5C型飞机编成3个4机右梯队跟进队形。第6梯队是歼击机梯队，由20架歼−7E型飞机编成4个5机楔队跟进队形。第7梯队是歼击机梯队，由24架歼−8D型飞机编成6个4机右梯队跟进队形。第8梯队是新型战斗机梯队，由12架苏−27型飞机编成3个4机右梯队跟进队形。第9、第10梯队是武装直升机梯队，分别由10架和15架直−9型直升机编成5个5机楔队跟进队形。当日上午11时5分20秒，第1梯队正点通过天安门上空，11时12分19秒，最后1架飞机飞过广场。10个梯队队形保持优良。

空军参加受阅的地面方队有3个地空导弹方队，1个院校方队，1个飞行员方队，1个空降兵方队，圆满完成了任务。　　（陆文至）

Taiwan Dangju kongjun renyuan jiaji qiyi

台湾当局空军人员驾机起义 (Uprising of Air Force Personnel of the Taiwan Authorities by Flying back to the Mainland)　1949年10月～1989年2月，台湾当局空军有19架飞机、29名飞行员及其他人员相继驾机或随机起义，回到祖国大陆。具体情况见附表

（丁景民　邓奕春）

台湾当局空军人员驾机起义统计表

起义时间	单位	机型	架数	人员姓名及职衔	起飞机场	降落地点
1949.10.16	10大队	C−47	1	上尉飞行员江富考 机工长周震南 机械兵陈尚明、石健儒	嘉义	南京
1949.10.17	空军官校	AT−6	1	飞行生魏昌蜀	冈山	福州
1949.12.26	1大队3中队	PT−17	1	中尉军械官岳哲安	台中	福州
1950.1.3	空军官校	AT−6	1	飞行生李纯	冈山	漳浦
1950.1.9	空军官校	AT−6	1	飞行生黄永华	台南	潮安
1951.3.27	10大队专机组	B−25	1	机工长史殿文 少校飞行员戴自瑾	台北	江湾
1951.9.12	空军官校	AT−6	1	飞行生刘希尚	冈山	漳州
1953.6.26	1大队	AT−6	1	少校领航员叶刚 少尉飞行员孙志强	金门	上虞
1953.12.18	空军官校	AT−6	1	飞行生陶开府 机务士秦保尊	冈山	漳州
1954.2.19	1大队	B−25	1	上尉作战参谋黄铁骏 军械士刘铭三	新竹	三门
1954.10.26	空军官校	AT−6	1	飞行生胡弘一	冈山	同安
1955.1.12	20大队	C−46	1	少校作战参谋郝隆年（郝学汤） 少校作战参谋王钟达 机工长唐镜	台中	福州
1955.2.23	空军官校	PT−17	1	飞行生刘若龙 飞行生宋宝荣	虎尾	平潭
1955.5.18	3大队	F−47	1	中尉情报参谋何伟钦	屏东	海丰
1956.8.15	空军官校	AT−6	1	少校教官黄纲存	冈山	仙游
1963.6.1	11大队	F−86F	1	上尉飞行员徐廷泽	新竹	龙田
1969.5.26	空军官校	T−33	1	教官黄天明 飞行生朱京蓉	冈山	惠阳
1981.8.8	5联队	F−5F	1	少校考核官黄植诚	桃园	福州
1989.2.11	7大队	F−5E	1	中校辅导长林贤顺	台东	丰顺

Kongjun Keji Lianbing Chengguo Zhanshi

空军科技练兵成果展示 (Achievements Exhibition of Air Force Training Featuring New Technologies)　2000年7月，中国人民解放军空军在北京组织的科技练兵成果展示活动。根据中央军委科技强军、科技兴训的方针，空军广泛开展以学习新知识、掌握新装备、演练新战法、造就新型人才为主要内容的群众性科技练兵活动，取得一批成果。为展示成果，交流经验，举办了科技练兵成果展示。

展示分室内、室外展区。室内展区分5部分：①以军事理论为先导，主要展示打赢未来高技术条件下局部战争的理论攻关成果。②以战法创新为突破

口，重点展示打隐形飞机、巡航导弹的战法研究成果。③以基地化、模拟化为主要形式，主要展示积极探索耗费小、效益高、战斗力成长快的练兵新路，进行训练方法和手段改革的成果。④以新装备、新技术为重点，展示积极开发手中武器的作战效能，使新装备尽快形成战斗力的成果。⑤以人才培养为根本，主要展示培养复合型指挥军官和高素质专业人才的成果。室外展区分12个实兵实装演示区，主要演示地空导弹部分装备通过低等级桥梁、快速展开；飞机战伤抢修；野战条件下机场油料保障；快速抢修机场跑道；快速布设机场夜航灯光；机场野战饮食保障；空军地面机动式指挥自动化；装备和设施伪装防护；空降兵特种作战分队空降夺占要点演练等。

展示特点：①紧贴实战。紧紧围绕高技术条件下空军作战的重大问题，研究理论、研练战法，展示空军科技练兵的最新成果。②范围广泛。参展单位覆盖空军航空兵、地空导弹兵、空降兵、雷达兵、通信兵等兵种部队和机关、院校、科研机构，以及机务、后勤保障各专业系统。③科技含量高。展示的成果、演练的项目，有的填补了国内空白，有的接近世界先进水平。

7月6日，中央军委副主席张万年、迟浩田率四总部领导观看了空军科技练兵成果展示。总参谋部、北京军区、海军、第二炮兵、国防大学、军事科学院等单位的领导和机关人员，参观了展示。

（田安邦）

中国人民解放军空军战史

Shanghai Fangkong Zuozhan

上海防空作战 (Shanghai, Air Defense Operations in)　1950～1953年，中国人民解放军华东军区防空部队、空军航空兵部队和苏联援华作战的混合防空集团在上海地区抗击台湾当局和美国飞机袭扰的斗争。

中华人民共和国成立初期，上海是台湾当局空军和美国飞机轰炸袭扰的重点地区，1949年10月～1950年2月，空袭达26次。中央军委高度重视上海等地的防空问题，先后就防空工作的组织领导、兵力部署、作战指导原则等问题多次作出指示。



保卫上海地区的防空部队



9月20日击落美国B－29轰炸机空战示意图

遵照中央军委指示，上海防空兵力不断加强。1950年2月17日、18日，高射炮第17、第18团进驻上海，上海地区高射炮兵力增加到4个团。当时，空军航空兵部队尚未组建，应中国政府请求，苏联混合防空集团于2月16日～3月5日先后到达上海、徐州等地协助防空。10月19日，中国人民解放军空军第一支航空兵部队—空军第4混成旅接替苏联航空兵担负上海地区防空任务。不久，该旅调往东北地区，上海地区防空任务由空军驱逐第2旅(后改称空军第2师)担任。此后，空军第12、第21师和防空部队的5个高射炮兵团先后担负上海地区的防空任务。空情保障系统逐步建立。1950年3月25日，组建人民解放军第一个对空监视营，辖26个对空监视哨，部署在上海周围。5月25日，以上海雷达队为基础成立雷达营，利用修复的6部旧雷达担负防空情报保障任务。1952年6月，华东军区防空司令部调整雷达部署，新建佘山雷达站，增大了雷达探测距离。为统一对上海地区防空部队的作战指挥，1950年3月中旬，成立上海防空司令部。4月初，设立上海防空司令部指挥所。1952年8月，空军在上海组建第4军军部，并在佘山岛、镇海建立2个辅助指挥所。

参战部队多次与入窜的台湾当局及入侵的美国飞机作战，迅速扭转了上海地区的防空形势。1950年3月14日～5月11日，协助防空的苏联航空兵部队在地面防空部队的配合下，先后在上海、杭州、徐州等地击落台湾当局空军飞机5架，迫使台湾当局空军窜犯上海地区活动大为减少。1952年9月20日，空军第2师飞行员何中道、李永年击落入侵上海地区的美国B－29型轰炸机1架，这是人民空军在国土防空作战中首次击落入侵飞机。1952年11月22日～1953年7月25日，在上海地区击落击伤台湾当局及美国军用飞机4架。朝鲜战争结束后，上海地区防空形势趋于缓和。（邓奕春）

Kang-Zang Gaoyuan Kongtou Kongyun

康藏高原空投空运 (Xikang-Xizang Plateau, Airdrop and Airlift on)　1950年4月～1952年11月，中国人民解放军空军支援进军西藏地面部队的空投空运行动。

1950年1月，中共中央决定派部队进军西藏。3月24日，地面先遣部队进驻西康省省会康定。当地交通闭塞，部队供

给困难。29日，西南军区电请中央军委进行空投支援。毛泽东指示空军担负这一任务。空军迅速从华北、西南等军区抽调C－46、C－47型运输机10架组成西南军区空运队，驻四川新津，支援地面部队进军西藏。

空投空运任务主要在康藏高原上空进行。该地区平均海拔4 000米以上，气候恶劣、地形复杂，没有可供备降、迫降的机场；缺乏准确的航图、地形资料和完备的导航设备；空运队的飞机老旧、高空性能差。鉴于上述情况，空运队决定采取逐段试航、分段前进的办法执行空投空运任务。新津－康定航线是执行空投任务的第一条航线，沿途必经的康定山等雪峰海拔6 000多米，超过了空运队飞机的载重升限。空运队决定通过试航寻找沿高山峡谷穿行的航线。1950年4月3日，空运队队长谢派芬机组驾驶C－47型运输机进行第1次试航。因气象条件差，至康定山口返航。第2、第3次试航未获成功。第4次试航，C－46型运输机成功穿过康定山口并飞抵康定上空，因天气原因未发现地面目标，但找到了进出“世界屋脊”的空中通道。4月15日，进行第5次试航。谢派芬、李嘉谊机组驾驶C－46型飞机成功飞至康定上空，为地面部队空投了粮食和其他物资。从5月7日开始，王洪智、李嘉谊机组驾驶C－46型运输机经4次试航，开辟了通往甘孜的航线，并进行空投。随后，空运队以最大的出动量，连续2天向康定、甘孜空投粮食23吨。随着地面部队不断推进，空运队任务不断增加，不断开辟新的航线。11月24日，空运队扩编为高空运输团。1951年4月24日，成立空军第13师，担负空运任务，满足了空投空运任务的需要。1952年11月，康藏公路通车到昌都，进藏部队物资供应改由地面运输保障，空军支援任务结束。空军共出动飞机1 282架次，在康藏高原开辟航线25条，空投各种物资2 326吨，从内地向新津、广汉、甘孜机场空运各种物资1 411吨，人员1.8万名。有力地保障了地面部队进军西藏的行动。涌现出先进集体24个，312人立功受奖。（邓奕春）

Kongjun Fan Zhencha Xirao Zuozhan
空军反侦察袭扰作战 (Air Force Anti-Reconnaissance and Anti-Harassing Operations) 20世纪50～60年代，中国人民解放军空军抗击台湾当局空军及美国军用飞机侦察、袭扰中国大陆的行动。1949年底，国民党当局败退台湾后，不断派飞机侦察袭扰大陆东南沿海地区。1950年6月，朝鲜战争爆发后，美国飞机多次轰炸、袭扰中国东北地区，并侦察骚扰中国东南沿海地区。为保卫中国大陆领空安全，中央军委指示各地加强防空，要求防空部队加紧战斗准备。随后，逐步建立防空体系。1950年9月～1953年11月，担负防空任务的中国人民解放军空军歼击航空兵部队共击落敌机5架、击伤3架。

1954～1957年，空军反侦察袭扰斗争重点是中国东南沿海地区。朝鲜战争结束后，美国和台湾当局空军加紧对大陆东南沿海地区，特别是福建、浙江地区机场修建和军用物资运输情况进行侦察，破坏中国人民解放军解放沿海岛屿的准备。入侵和窜扰飞机采取单批单架和小编队方式，利用防空预警雷达空隙或在探测范围以外实施侦察，给空军防空作战带来很大困难。为此，空军在加强东南沿海防空力量的同时，于1955年3月专门召开会议，研究防空作战问题。1956年，空军歼击航空兵协同地面防空部队，对入窜东南和华南沿海地区的台湾当局飞机进行打击，击落5架、击伤7架，并迫使1架飞机在香港降落。1954年～1957年，担负防空任务的空军歼击航空兵部队共击落敌机8架、击伤13架。高射炮兵部队归属空军后，击落敌机4架、击伤2架。

1958～1964年，反侦察袭扰斗争从东南沿海扩展到大陆纵深地区。1958年，空军组建第一批地空导弹部队。从此，空军歼击航空兵、地空导弹兵、高射炮兵、雷达兵、通信兵等部队，在统一指挥下，不断取得战果。至1964年底，共击落敌机27架、击伤32架。

1965～1969年，反侦察袭扰斗争重点是中南、西南地区。1965年，美国在轰炸越南北方的同时，派飞机侵入中国西南、中南地区，擦边、越境侦察袭扰活动增多。在此期间，驻广东、广西、云南地区空军部队先后击落入侵的美国RA－3D、F－4B、A－6A、A－4B等型飞机9架，无人驾驶侦察机16架，击伤美F－105型飞机3架、RB－66型飞机1架；驻福建地区空军部队击落入窜东南沿海的台湾当局F－104型飞机1架、U－2型飞机2架、RF－101型飞机1架、HU－16型飞机1架，击伤RF－101型飞机2架。

1950年6月～1969年10月，中国人民解放军空军部队共击落入侵、入窜的美国空军和台湾当局飞机74架、击伤56架。迫使美国空军和台湾当局飞机停止对中国大陆的侦察袭扰活动。（邓奕春）

Zhiyuanjun Kongjun Shouci Kongzhan
志愿军空军首次空战 (First Air Combat of Air Force of the Chinese People's Volunteers) 1951年1月21日，中国人民志愿军空军在抗美援朝战争中与美国空军的第一次空战。当日上午，美国空军出动F－84型战斗轰炸机20架，沿朝鲜平壤至新安州一线对铁路进行轰炸，阻滞中国人民志愿军后勤供应。志愿军空军第4师师长方子翼令第10团28大队大队长李汉率6架米格－15型歼击机起飞迎击。李汉等驾机接近安州时，发现美F－84型战斗轰炸机正在1 000米高度上对清川江桥进行俯冲轰炸。李汉遂率队向美机发起攻击。此时，一批美机从志愿军空军编队上方对头冲过，另一批于右前方向南飞去。李汉迂回到4架美机左后侧400米处，瞄准长机开炮，将其击伤。3号机李宪刚、4号机张洪清向其



第一批参战的志愿军空军第4师第10团28大队

他美机开炮，未能命中。6号机赵志财被美机击伤，跳伞时因高度过低而牺牲。此战，志愿军空军与美国空军第一次空战，击伤美机1架。

（邓奕春）

Zhiyuanjun Kongjun Shouci Jiluo Diji
志愿军空军首次击落敌机 (First Shooting down of Enemy Aircraft by Air Force of the Chinese People's Volunteers)
1951年1月29日，中国人民志愿军空军在抗美援朝战争中首次击落美国空军飞机的战斗。当日13时30分，志愿军空军发现一批美国空军F-84型战斗轰炸机在朝鲜定州、安州地区上空活动，企图袭击安州火车站和清川江大桥。志愿军空军第4师命令第10团28大队大队长李汉率8架米格-15型歼击机起飞迎击。13时40分，在地面指挥所引导下，李汉等在定州以西发现美机，遂利用阳光隐蔽，迂回至美机左后方，抢占有利位置。经仔细观察，发现美F-84型战斗轰炸机16架分上、下2层，每层8架，李汉决定乘美机不备，攻击上层8架美机。美机进至左上方时，李汉命令2中队掩护，自己率1中队攻击上层8架美机。美机发现后，以2个4机分别向左右转弯，企图迂回李汉编队后方。李汉识破美机意图，转到美机左后方400米处3炮齐射，将美3号机击落。此时，美2对双机从左、右上方攻击李汉，3号机宋亚民、4号机孙悦昆将其驱散。4号机孙悦昆退出攻击后，又将尾随6号机魏梦云的美双机驱退。与此同时，位于下层的美机从李汉后方袭来，被第2中队钳制，未能得手。追击中，李汉发现前下方4架美机后，绕至美僚机左后方600米处，开炮将其击伤。此战，击落、击伤美机各1架。这是志愿军空军首次击落美机。

（邓奕春）



首次击落美军飞机的李汉

Zhiyuanjun Kongjun Di-2 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan
志愿军空军第2师抗美援朝作战
(Operations of 2nd Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea)
1951年10月22日～1952年1月6日，中国人民志愿军空军第2师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1951年10月22日，政治委员张百春率师部及第4团进驻辽东凤城机场，11月4日副师长张庆和率第6团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。11月2日，第4团出动拉-11型歼击机4架，对大、小和岛及附近岛屿进行照相侦察，为地面部队登陆作战提供情报。6日，第4团副团长张华率领拉-11型歼击机16架，直接掩护志愿军空军第8师图-2型轰炸机9架轰炸大和岛，出色完成任务。30日下午，第4团团长徐兆文率领拉-11型歼击机16架直接掩护第8师图-2型轰炸机9架第2次轰炸大和岛。联合机群刚飞入海面上空，突遭美国空军30多架F-86型战斗机偷袭。拉-11型歼击机群一面与美机格斗一面掩护轰炸机群前进，直至轰炸机到达目标上空。他们充分发挥拉-11型飞机灵活机动的性能和火炮的威力，驾驶螺旋桨飞机勇敢地与性能占很大优势的美喷气式战斗机空战。副大队长王天保击落美机1架、击伤3架；大队长徐怀堂击落美机1架；副中队长王勇、刘卓生各击伤美机1架。12月14日上午，第6团团长徐登昆率领24架米格-15型歼击机，在志愿军空军第3师第9团掩护下，截击美国空军混合机群。副团长邢海帆击落、击伤F-80型飞机各1架；飞行员杨木易击落B-26型轰炸机1架。

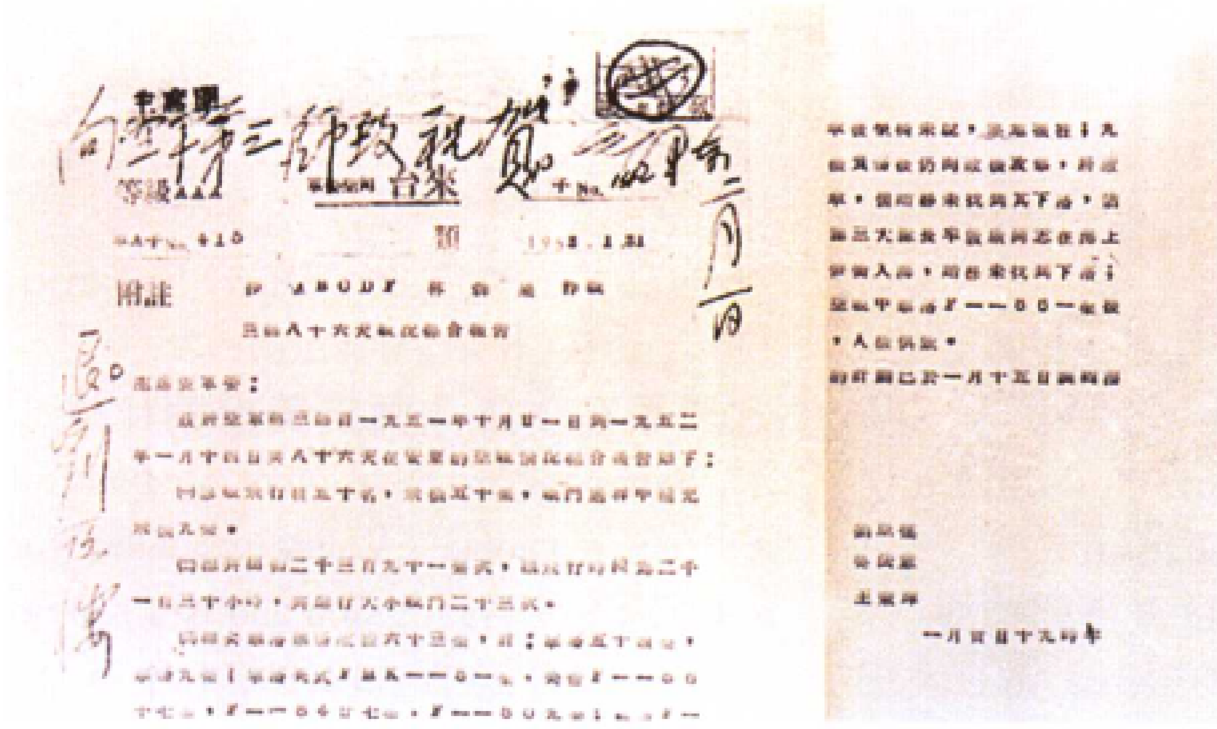
该师在抗美援朝期间共出动飞机890架次，击落美机4架、击伤6架；己方损失飞机6架，牺牲飞行员5名。王天保获"二级战斗英雄"称号。

（王　安　程真亮）

Zhiyuanjun Kongjun Di-3 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan
志愿军空军第3师抗美援朝作战
(Operations of 3rd Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea)
1951年10月20日～1953年1月25日，中国人民志愿军空军第3师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1951年10月20日，代师长袁彬、政治委员高厚良率该师进驻辽东浪头机场。11月2～10日，连续与"联合国军"小机群空战5次，击落飞机5架、击伤3架，己方轻伤1架。11月4日空战中，第7团3大队副大队长赵宝桐击落美机2架。从1951年11月16日开始，该师与美军大机群作战。11月18日14时许，美机9批184架，对安州、清川江一带铁路目标轰炸扫射。该师奉命起飞迎战。在美机数量占绝对优势的情况下击落敌机6架。其中，大队长王海、飞行员焦景文各击落2架。23日，第7团先后与美空军50余架F-84型战斗轰炸机空战，击落、击伤8架，己方被击伤1架。1大队大队长刘玉堤创一次空战击落美机4架的记录。12月2日、5日和8日，该师3次参加双方规模达300架飞机以上的空战，击落美F-86型飞机9架、F-84型飞机4架，击伤F-86型飞机2架。12月5日空战中，飞行员罗沧海在340米、240米、145米距离上开炮，接连击落美机3架，创造"近、准、狠"的射击范例。1952年1月14日，该师返回沈阳休整。该师第一轮参战86天，出动飞机2 391架次，空战23次，击落敌机55架、击伤8



在抗美援朝作战中的王海大队



架，对削弱美空军在鸭绿江和清川江之间的空中优势起到重要作用。毛泽东亲笔题写“向空军第三师致祝贺”的批语。1952年5月1日～1953年1月25日，该师再次参战，击落美机32架、击伤19架。

该师两次参战，共出动飞机4 733架次，实战932架次，击落敌机87架，击伤27架；己方被击落飞机44架、击伤19架，牺牲飞行员18名。1953年1月6日，中央军委致电祝贺，指出：第3师的光辉战绩，证明了志愿军空军的战斗力已大大提高，第3师积极英勇机敏的作战行动，值得全军学习。在抗美援朝作战中，该师第9团1、2大队，第7团3大队7中队，第9团3大队9中队荣立集体一等功；涌现出“一级战斗英雄”、特等功臣赵宝桐、王海、孙生禄、刘玉堤，“二级战斗英雄”、特等功臣杨振玉、范万章、焦景文。

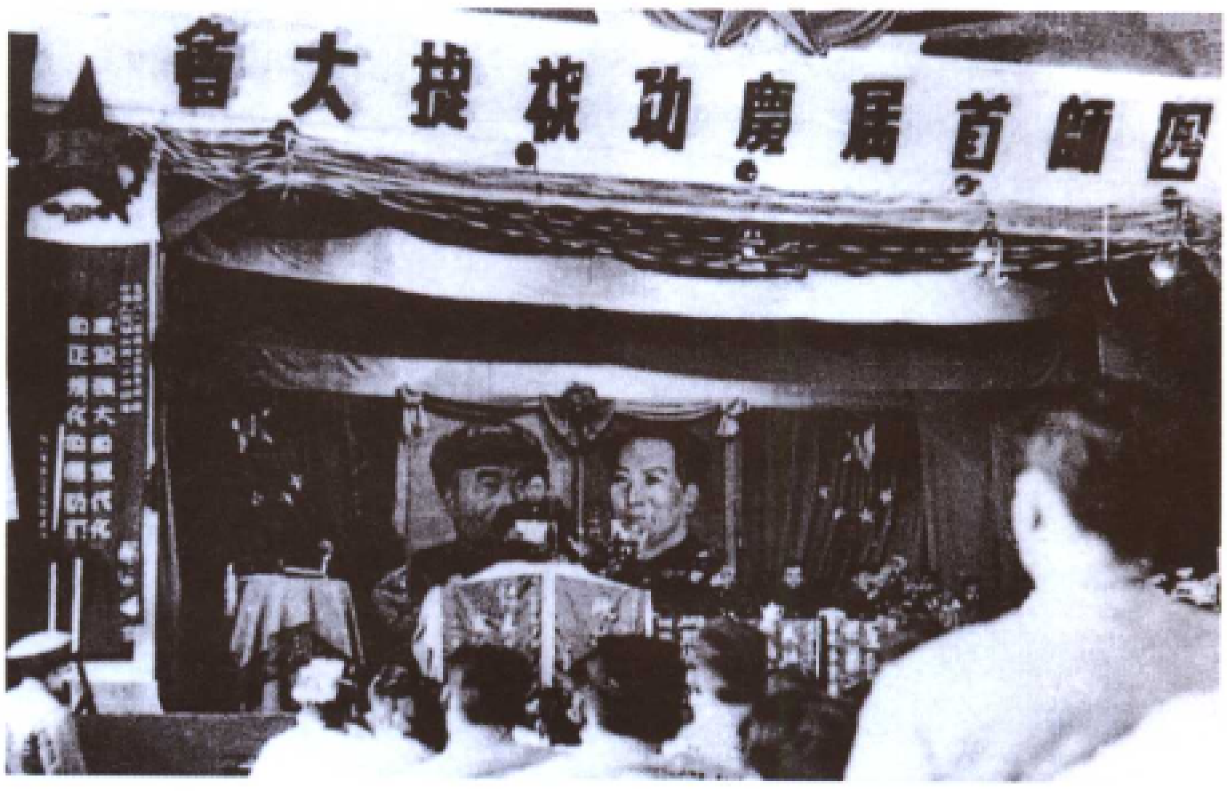
（王　安　程真亮）

Zhiyuanjun Kongjun Di-4 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第4师抗美援朝作战

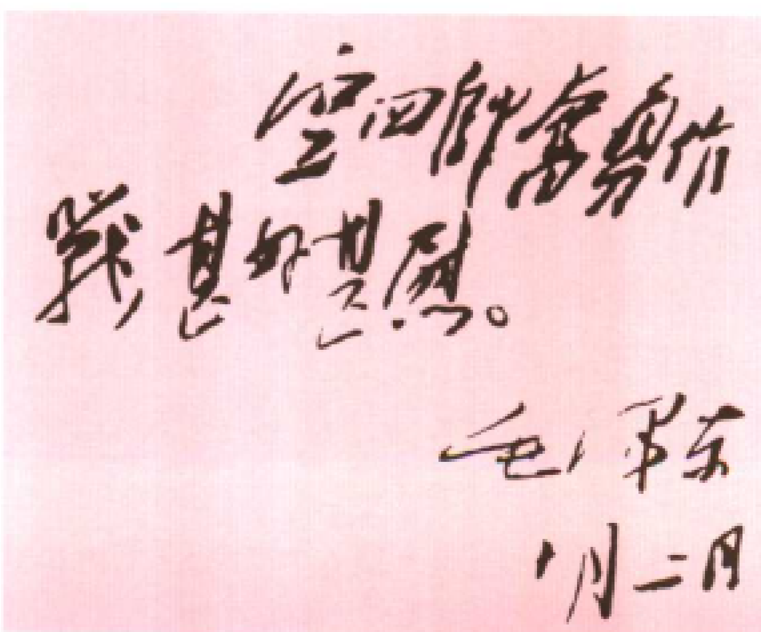
(Operations of 4th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea)

1950年12月21日～1953年7月27日，中国人民志愿军空军第4师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1950年12月21日，师长方子翼、政治委员李世安率第10团28大队进驻辽东浪头机场，进行实战锻炼。1951年1月21日，28大队大队长李汉率队与美国空军作战，击伤美机1架，这是志愿军空军首次空战。29日，李汉再次率队与美机空战，击落、击伤美机各1架，创造志愿军空军首次击落美机的记录。随后，第10团29、30大队和第12团先后参加实战锻炼。至3月2日，全师先后调后方休整。7月5日，第12团进驻浪头机场参战，8月4日调回后方休整。9月12日～10月19日，全师参战，在38天的作战中，出动飞机29批508架次，参加敌我双方200多架飞机的机群空战7次，击落美机20架、击伤10架。10月20日，全师调后方休整。1952年1月16日～5月30日，该师再次参战。2月10日，第12团掩护第10团出击，第12团3大队大队长张积慧在僚机单志玉配合下，击落美机2架，击落美国“空中英雄”G.A.戴维斯。这次轮战，击落美机17架、击伤9架，完成了带领新部队作战的任务。1953年3月31日，该师改装米格－15比斯型飞机后又一次开赴一线参战。5月30日凌晨，第10团副团长侯书军击落美F－94型飞机1架，这是志愿军空军第一次在夜间击落敌机。



志愿军空军第4师召开首届庆功祝捷大会

该师5次轮战共战斗出动384次，起飞4 122架次，空战69次，击落敌机64架、击伤24架。己方被击落飞机55架、击伤24架，牺牲飞行员25名。第10团3大队荣立集体一等功。涌现出“一级战斗英雄”、特等功臣张积慧，“二级战斗英雄”、一等功臣李汉、邹炎，“二级模范”、一等功臣耀先等英模人物。毛泽东批示“空四师奋勇作战，甚好甚慰。”



（程真亮　王　安）

Zhiyuanjun Kongjun Di-6 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第6师抗美援朝作战

(Operations of 6th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea)

1951年12月8日～1953年7月27日，中国人民志愿军空军第6师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1951年12月8日，政治委员张志勇、副师长北沙率该师进驻辽东大东沟机场参战。1952年1月31日上午，第16团出动36架飞机在朝鲜平壤附近上空与12架美机空战，1大队大队长许秀玉击落F－84型飞机1架；2大队中队长朱玉廷击落F－86型飞机1架。3月13日，该师回到二线休整。1953年1月28日，该师第2次参战。7月19日，美空军出动两个机群袭击新义州和义州机场，志愿军空军多梯队连续出动予以反击。第6师第16团曲成田率12架飞机至义州上空打击美F－86型飞机。3中队沈洪江击落美F－86型飞机1架，1中队郭树武击伤美机1架。该师两次参战，共击落美机26架、击伤5架，被击落飞机28架、击伤19架，牺牲飞行员15名。

（程真亮　王　安）

Zhiyuanjun Kongjun Di-8 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第8师抗美援朝作战

(Operations of 8th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War

to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1951年11月，中国人民志愿军空军第8师在抗美援朝战争中的空中作战行动。10月中旬，师长吴恺、政治委员葛振岳率部进驻沈阳于洪屯机场，开始参战准备。11月6日，第22团2大队大队长韩明阳率领图－2型轰炸机9架，在第2、第3师拉－11、米格－15型歼击机40架掩护下，对大、小和岛上的敌指挥机构进行轰炸，命中率达90%。30日下午，为配合担任主攻任务的志愿军地面部队攻占大、小和岛，第24团1大队大队长高月明率图－2型轰炸机9架，由第2师第4团16架拉－11型歼击机直接护航，再次轰炸大和岛。出航途中，遭30多架美空军F－86型战斗机袭击。因未能与担任掩护任务的米格－15型歼击机按时会合，与敌激战9分钟，4架图－2型轰炸机被击落、4架被击伤，牺牲空勤人员15名。空战中轰炸机群英勇顽强，始终保持编队队形，且战且进，将炸弹投向目标，完成了轰炸任务，并击落美机1架。战后，该大队荣立集体二等功，高月明、毕武斌荣立一等功、获“二级战斗英雄”称号。

（程真亮　王　安）

Zhiyuanjun Kongjun Di-10 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第10师抗美援朝作战

(Operations of 10th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1951年11月，中国人民志愿军空军第10师在抗美援朝战争中的空中作战行动。9月27日，师长刘善本、政治委员王学武率师部和第28团进驻辽阳机场，开始参战准备。为配合志愿军地面部队攻占大、小和岛，11月29日22时20分，第28团大队长姚长川率领10架图－2型轰炸机，携带炸弹54枚、照明弹33枚，从辽阳机场起飞，以单机跟进队形，经安东(今丹东)、铁山半岛以东海面，于23时15分到达大、小和岛附近海面上空，采用前机投照明弹为后机照明的方法，轰炸该海域的美国和南朝鲜军舰。23时31分投弹完毕。此战，志愿军空军部队首次执行夜间轰炸任务，由于缺乏经验，未命中目标，但给敌以威胁，迫使敌舰驶离。

（程真亮　王　安）

Zhiyuanjun Kongjun Di-12 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第12师抗美援朝作战

(Operations of 12th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1952年3月19日～1953年3月31日，中国人民志愿军空军第12师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1952年3月19日，师长王明礼、政治委员李明刚率师部和第34、第36团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。6月11日，第34团2大队8架米格－15型飞机与美机第1次空战，击落、击伤美军F－86型飞机各1架。8～9月间，该师与其他部队一起多次主动出击迎敌，其中与美混合大机群空战10余次，粉碎了美空军进袭拉古哨、鸭绿江桥等目标的企图，保卫了主要目标的安全。12月2日、3日、5日，该师协同其他部队与美空军F－86型战斗机空战7次，击落美机11架、击伤1架。师技术检查主任鲁珉在12月5日、6日、16日、23日的4次空战中，共击落F－86型飞机5架。在抗美援朝作战中，该师击落敌机57架、击伤11架，己方被击落飞机27架、击伤40架，牺牲飞行员7名。第34团荣立集体二等功。鲁珉获“一级战斗英雄”称号(后被剥夺荣誉称号)，郑长华获“二级战斗英雄”称号。　（王　安　程真亮）

Zhiyuanjun Kongjun Di-14 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第14师抗美援朝作战

(Operations of 14th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1951年11月16日～1953年7月27日，中国人民志愿军空军第14师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1951年11月16日，师长王毓淮、政治委员谢继友率师部和第40、第42团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。12月13日上午，第42团出动22架米格－15型飞机，在第3师第9团16架飞机掩护下，至清川江上空截击美机，击落美空军F－86型飞机1架。当日下午，第40团起飞歼击机18架，在第3师掩护下，打击活动于平壤地区的美空军F－84型战斗轰炸机，遭美空军F－86型战斗机偷袭。激战中，击落击伤敌机3架，己方被击落飞机7架、击伤2架。15日，第42团副团长边逢积率领18架飞机，打击活动于平壤上空的美空军F－84型战斗轰炸机群，击落美机7架、击伤2架。1952年1月25日，该师以第42团16架飞机为攻击队、第40团14架飞机为掩护队，拦截美F－84型战斗轰炸小机群，击落美机3架，己方被击落3架、击伤1架。2月14日，该师撤回二线休整。1953年4月16日～7月27日，该师再次参战。抗美援朝作战中，该师出动飞机共1 139架次，空战8次，击落美机10架、击伤2架。己方被击落飞机12架，击伤3架，牺牲飞行员6名。

（孟威佳　王　安）

Zhiyuanjun Kongjun Di-15 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan

志愿军空军第15师抗美援朝作战

(Operations of 15th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1952年1月12日～1953年7月27日，中国人民志愿军空军第15师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1952年1月12日，师长黄玉庭、政治委员崔文斌率师部和第43、第45团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。3月12日，该师与美机进行第一次空战，由于缺乏经验，被击落、击伤飞机各1架。他们吸取教训，加强战法研究，在3月20日的空战中，第45团副团长林广山、1大队大队长樊玉祥各击落美机1架，飞行员孙忠国击伤美机1架。至5月中旬，共战斗出动638架次，与敌空战7次，击落美机11架、击伤3架。5月17日，该师撤回二线改装米格－15比斯型飞机。12月5日，该师第二次参战。1953年1月，第45团李世英、阎清水、宋义春、蒋道平组成的飞行中队，创造了长、僚机同时击落美机的范例，取得11次空战击落、击伤美机14架，己方无损失的出色战绩。4月7日下午，第43团飞行员韩德彩击落美国空军“双料王牌驾驶员”H.E.费席尔。4月12日，第45团飞行员蒋道平击落美国空军王牌驾驶员J.麦克康耐尔。在抗美援朝作战中，该师共击落美机51架、击伤16架，己方被击落飞机41架、击伤37架，牺牲飞行员15名。第45团1大队2中队荣立集体一等功。涌现出“二级战斗英雄”韩德彩、蒋道平、吴胜凯。　（孟威佳　冯忠民）

Zhiyuanjun Kongjun Di-16 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan
志愿军空军第16师抗美援朝作战 (Operations of 16th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1953年1月25日～7月27日，中国人民志愿军空军第16师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1月25日，师长孙同盛、政治委员张雍耿率师部和第46、第48团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。3月26日，第48团团长张卿云率2大队8架飞机，飞至朝鲜镇南浦地区打击美机，首次空战击落美F-4U型飞机1架、击伤美F-80型飞机1架。在抗美援朝作战中，该师战斗起飞88批、693架次，击落、击伤敌机各1架，己方无损伤。

（孟威佳　冯忠民）

Zhiyuanjun Kongjun Di-17 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan
志愿军空军第17师抗美援朝作战 (Operations of 17th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1952年3月25日～1953年7月27日，中国人民志愿军空军第17师在抗美援朝战争中的空中作战行动。1952年3月25日，师长李树荣、政治委员罗斌率师部和第49、第51团进驻辽东大东沟机场，参加抗美援朝作战。7月27日上午，师领航主任李宏钦率第51团4架米格-15型飞机，至平壤以西上空打击美机，空战中击落美海军战斗机1架。1953年2月17日，第49、第51团起飞3个中队，到朝鲜镇南浦和大同江口一带打击美军分散活动的小机群。空战中，第51团张国禄击落敌F-4U型飞机1架，第49团耿东清、李春梦、陈太渠各击落敌F-4U型飞机1架，己方无损伤。在抗美援朝作战中，该师击落敌机23架、击伤3架，己方飞机被击落11架、击伤2架，牺牲飞行员9名。

（孟威佳　孙业宏）

Zhiyuanjun Kongjun Di-18 Shi Kang-Mei-Yuan-Chao Zuozhan
志愿军空军第18师抗美援朝作战 (Operations of 18th Division of Air Force of the Chinese People's Volunteers in the War to Resist U.S. Aggression and Aid Korea) 1952年5月22日～12月5日，中国人民志愿军空军第18师在抗美援朝战争中的空中作战行动。5月22日，师长王定烈、政治委员徐明率师部和第52、第54团进驻辽东大孤山机场，参加抗美援朝作战。8月9日，第52团副团长张传志率8架歼击机，在志愿军空军第3师第7团掩护下，在朝鲜大同江口上空与英机空战，击落FMK-8型飞机1架，首战获胜。12月5日，该师撤到二线担负小丰满地区防空任务。在抗美援朝作战中，该师与美、英飞机空战7次，击落敌机6架，被击落、击伤飞机各3架，牺牲飞行员1名。

（孟威佳　孙业宏）

Anzhou Kongzhan
安州空战 (Anju, Air Combat over) 1951年9月25日，中国人民志愿军空军在朝鲜安州地区与美国空军进行的空中作战。当日15时许，美国空军出动作战飞机5批112架，袭击朝鲜顺川、安州、平壤等地区铁路。志愿军空军第4师32架飞机奉命起飞迎击。第12团副团长李文模率领16架米格-15型歼击机，在苏联空军112架飞机配合下，在6 000米高度直飞安州。飞至安州上空时，与20余架美机遭遇，双方相距仅1 000米。李文模编队来不及区分兵力即投入战斗。1大队大队长李永泰率队攻击左下方8架美军F-84型战斗轰炸机。2、3、4号机先后开火，因射击角度不当未获战果。随后，2批8架美军F-86型战斗机从左、右后方偷袭。李永泰左转上升占位准备反击时被



驾驶受伤飞机安全着陆的李永泰

美机击中，僚机权太万随即将美机驱逐。李永泰迂回到美军2号机尾后实施攻击，因航炮已被打坏，攻击未成，左转弯退出后，遭4架美军F-86型战斗机围攻。李永泰临危不惧、沉着应付，上升高度至12 300米摆脱美机，驾驶中弹30余发、受伤56处的飞机安全返回基地。5号机陈恒、6号机刘涌新在掩护李永泰、权太万的过程中，与6架美机格斗。陈恒在其驾驶的飞机被击中后，跳伞成功。刘涌新驾机击落美军F-86型战斗机1架，后飞机被美机击中，因跳伞高度过低而牺牲。

此战，志愿军空军首次参加100余架飞机的大规模空战，首创击落美国空军F-86型战斗机记录。

（邓奕春）

Qingchuanjiangqiao Kongzhan
清川江桥空战 (Chongchon-gang Bridge, Air Combat over) 1951年10月5日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜清川江桥上空进行的空中作战。当日9时42分～10时9分，132架美机活动于朝鲜新安州、顺川、永柔等地区上空，其中1批F-80型战斗轰炸机轰炸扫射清川江桥。10时11分，志愿军空军第4师第10团团长阮济舟率领20架米格-15型歼击机，在苏联空军98架歼击机协同下，前往清川江桥上空打击美军战斗轰炸机。在清川江桥东南上空，该团1大队发现20余架美军F-80型战斗轰炸机。激战中，副大队长李宪刚击落美机1架；中队长褚福田在吴奇掩护下击落美机1架；中队长赵明在张洪清掩护下击伤美机1架；飞行员吴奇击伤美机1架。随后，该团2大队发现另1批美机。副大队长侯书军在何有珍的掩护和配合下，击落美机1架。此战，基本保持双机、四机作战，长僚机配合密切，取得击落美军F-80型战斗轰炸机3架、击伤2架的战果。己方被击落飞机1架，飞行员孙悦昆跳伞成功。

（邓奕春）

Yongrou Kongzhan
永柔空战 (Yongraik, Air Combat over) 1951年11月4日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜永柔地区上空进行的空中作战。当日10～11时，发现6批128架美机向朝鲜清川江、定州、博川地区进袭，其中2批50余架美机在介川、宁



一次空战中击落2架美机的赵宝桐

边方向策应。10时26分，志愿军空军第3师第7团副团长孟进率领22架米格－15型歼击机，在苏联空军掩护下，打击活动于介川地区上空的20余架美空军F－80、F－84型战斗轰炸机。在师指挥所引导下，该团编队飞至朔州上空，团长机孟进令2大队为攻击队，在6 000米高度搜索前进；3大队为掩护队，保持高度7 000米。编队进入战区后，左转弯进行搜索，因美机群向南飞离，团长机决定不予追击。3大队未听到团编队左转弯的命令，脱离团编队向南前进，于顺川上空发现10余架（实际是24架）F－84型战斗轰炸机，高度4 000米。大队长机牟敦康向团长机报告后，率领大队占据高度优势，从美机群右侧上方突然展开攻击，打乱了美机队形。此时，团长机奉师指挥所命令率1、2大队返航。3大队乘美机群混乱之机，在敌我力量悬殊的情况下英勇作战，大队长牟敦康双机与4架美机格斗，击落美机1架；副大队长赵宝桐击落美机2架。此战，共击落美机3架。

（邓奕春）

Hongzha Dahedao

轰炸大和岛 (Daehua-do, Bombardment of) 1951年11月，中国人民志愿军空军配合志愿军地面部队攻占大和岛、小和岛等岛屿，对岛上及周围目标实施轰炸的作战行动。

位于鸭绿江口外、朝鲜西海面的大和岛、小和岛及附近的椴岛、炭岛是美军和南朝鲜军的前哨阵地。为歼灭岛上之敌，1951年10月底，志愿军总部决定，以志愿军空军第2、第3、第8、第10师各一部配合志愿军第50军攻占大和岛及附近岛屿。志愿军空军的主要任务是，保障攻岛部队在集结地域不受空袭，对大和岛、小和岛和椴岛进行空中照相侦察，摧毁大、小和岛上的情报指挥设施，轰炸大、小和岛附近海面美国和南朝鲜的军舰，配合地面部队攻岛作战。

11月2日，第3师第7团起飞米格－15型飞机4架，第2师第4团起飞拉－11型飞机4架，先后对椴岛、大和岛、小和岛进行照相侦察，为地面部队攻岛作战提供了情报。5日夜，地面部队攻占椴岛。



参加轰炸大、小和岛的高月明机组

6日14时35分，第8师第22团2大队大队长韩明阳率9架图－2型轰炸机从沈阳于洪屯机场起飞，在第2师第4团16架拉－11型歼击机、第3师第7团24架米格－15型歼击机掩护下，于15时39分到达大和岛上空实施轰炸。炸死炸伤敌60余人，摧毁各种弹药15万余发，命中率达90%，完成预定的任务。29日22时20分，第10师第28团出动图－2型轰炸机10架，对大、小和岛附近海面美国和南朝鲜军舰进行轰炸。由于缺乏夜间轰炸经验，未命中目标，但迫使敌舰艇驶离该海域。30日14时20分，第8师第24团出动图－2型轰炸机9架，由大队长高月明



驾驶活塞式歼击机击落美军F－86喷气式战斗机的王天保

率领，第二次轰炸大和岛。原计划以第2师第4团16架拉－11型歼击机担任直接护航，以第3师第7团24架米格－15型歼击机担任间接护航。由于第8、第2师机群提前进入航线起点，致使担任间接护航的第3师米格－15型歼击机未能与之会合。第8、第2师机群进入海面上空时，遭美空军30多架F－86型战斗机偷袭。在第2师拉－11型歼击机掩护下，第8师编队且战且进。激战中，第8师在组织火力反击的同时，冲破拦阻奋勇飞向目标，3中队长机通信长刘绍基身负重伤仍用机枪击落美机1架。己方被击落轰炸机4架、击伤4架。担负直接护航的第2师拉－11型歼击机击落美机2架、击伤5架。其中，副大队长王天保击落1架、击伤3架，大队长徐怀堂击落1架，副中队长王勇、刘卓生各击伤1架；己方拉－11型歼击机被击落3架。15时21分，5架图－2型轰炸机飞抵大和岛上空，进行轰炸。在志愿军空军配合下，志愿军第50军攻岛部队于当日晚攻占大、小和岛。 （邓奕春）

Yongrou-Anzhou Kongzhan

永柔安州空战 (Yongraik and Anju, Air Combat over) 1951年11月18日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜永柔、安州地区上空进行的空中作战。当日

14时许，美国空军出动9批184架飞机，大部分活动于永柔地区，小部分进至安州、清川江附近，轰炸、扫射铁路交通线。14时24分，志愿军空军第3师第9团副团长林虎率领16架米格－15型歼击机，在苏联空军88架飞机配合下，经泰川至顺川截击沿平壤、顺安北窜的F－84型战斗轰炸机。第9团编队飞至肃川上空时，发现美空军F－86型战斗机20余架，沿朝鲜西海岸北飞。林虎乘美机不备，率领编队从8 000米高度俯冲下去，打乱美机队形，形成各个歼敌的态势。由于编队转弯下降动作激烈，形成各大队各自为战的局面。大队长王海率6架飞机到达清川江上空时，发现60多架F－84型战斗轰炸机在低空盘旋，有的正向清川江桥投炸弹。王海率队以大速度从高度6 000米俯冲至1 500米，与数量上占优势的美机群展开激战。该大队飞行员充分发挥米格－15型歼击机优越的垂直机动性能，驾驶6架飞机忽上忽下，反复冲杀。大队长王海连续3次攻击，击落美机2架；2号机焦景文连续3次攻击，击落美机2架，自己被美机击伤；4号机孙生禄在300米距离上将1架美机打得凌空开花。该团3大队同美机空战，僚机郑兰儒击落美机1架。此战，志愿军空军第3师首次与美空军大机群作战，击落美机6架，己方被击伤1架。

（邓奕春）

Qingchuanjiangkou Kongzhan

清川江口空战 （Chongchon-gang Estuary, Air Combat over） 1951年11月23日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜清川江口地区上空进行的空中作战。当日12时45分，美国空军 F－86、F－84、F－80等型飞机6批116架，高度7 000米，沿朝鲜西海岸向北进袭。美机到达肃川和清川江一线后，其中4批战斗轰炸机轰炸地面铁路交通线。志愿军空军第3师第7团副团长孟进率领20架米格－15型歼击机与苏联空军76架飞机同时起飞迎击。第7团编队前进至龟城上空，由8 000米高度降至6 000米，至肃川以南左转截击美机。团长机令1、2大队担任攻击任务，3大队在8 000米高度负责掩护。随即同20余架美F－84型战斗轰炸机展开空战。1大队大队长刘玉堤率2中队追击向海面方向脱离的2架F－84型美机。被追



一次空战中击落4架美机的刘玉堤

击的美机降低高度摆脱，刘玉堤在美长机刚拉起的瞬间，在440米距离上开火将其击落；随后，刘玉堤又利用美僚机从右前方向左急转之机，在130米左右距离上将其击落。刘玉堤回到永柔以北，发现美机1架。美机企图利用山沟逃脱，被刘玉堤击落。返航途中，刘玉堤发现50余架F－84型美机在清川江口地区攻击地面目标。刘玉堤驾机从美机群后下方隐蔽接近，相距200米时被美机发现。刘玉堤咬住其中1架，在150米距离上将其击落。战斗中，刘玉堤创志愿军空军一次空战单机击落美机4架的记录。担任攻击任务的3大队大队长孙景华击落美机1架。经团长机允许，担任掩护任务的3大队转入攻击，大队长牟敦康击落美机1架，后被美机击伤；3号机赵宝桐击落、击伤美机各1架。此战，志愿军空军第3师击落美机7架、击伤1架。 （邓奕春）

Jibi Daiweisi Kongzhan

击毙戴维斯空战 （Shooting down Davis） 1952年2月10日，中国人民志愿军空军大队长张积慧在朝鲜击落美国空军“王牌驾驶员”G.A.戴维斯的空中作战。当日6时28分～7时7分，美军11批112架飞机在平壤、沙里院和介川地区上空活动，其中2批16架F－84、F－80型战斗轰炸机，在18架F－86型战斗机掩护下，轰炸军隅里附近的铁路交通线。志愿军空军第4师出动米格－15型歼击机34架迎击，由第10团团长阮济舟率领的16架飞机为攻击队，第12团副团长李文模率领的18架飞机为掩护队，以师编队队形飞赴战区。至鸭绿江上空时，第12团3大队大队长张积慧发现左下方有美机1架，同时发现左、右方远处有多架飞机。张积慧一面向带队长机报告，一面率僚机单志玉上升高度占位。升至10 000米时，丢失目标并脱离编队。张积慧、单志玉追赶编队至泰川、纳清亭之间地区上空时，与8架美机遭遇，为首的2架已经到尾后。张积慧双机以左转上升动作避开美机，同时顺势向左急反扣，自右后上方咬住美带队长机。美长机采取急俯冲、朝太阳方向剧烈垂直上升、俯冲等一连串动作竭力摆脱。张积慧双机向右侧滑，于美机正后方跟踪监视。美机再次急俯冲，张积慧紧追不放，在僚机掩护下，第一次射击未中。距离600米时，张积慧3炮齐发，将美长机击落。残骸坠于朝鲜博川郡青龙面三光里以北2千米的山坡上，飞行员毙命。之后，张积慧在僚机配合下，再次击落美机1架。空战中，张积慧、单志玉先后被美机击中，张积慧跳伞成功，单志玉牺牲。

战后，志愿军地面部队在清理美机残骸时发现，被张积慧击落的美长机飞行员为美国空军第4联队第334中队少校中队长G.A.戴维斯。戴维斯有约3 000小时的



击毙戴维斯的张积慧

飞行经历，在第二次世界大战中战斗飞行266次，被美国空军称为“空中英雄”。1951年11月，戴维斯到朝鲜战场，多次与志愿军空军空战，是当时朝鲜战场上所谓战绩最高的“王牌驾驶员”。击落戴维斯，鼓舞了志愿军部队士气，引起美国极大震动。3月1日，中国人民解放军总政治部给张积慧记特等功一次。张积慧先后击落美机4架。12月31日，空军授予张积慧一级战斗英雄荣誉称号。 （邓奕春）

Suchuan Kongzhan
肃川空战 (Sukchon, Air Combat over)
1952年2月23日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜肃川地区上空进行的空中作战。当日10时33分，在朝鲜平壤以南大同江一带发现8架美军F-80型战斗轰炸机，高度6 500米；另有28架F-86型战斗机向昌城一带进犯，其中6架经定州至宜川后，转向朔州地区活动。13时39分，志愿军空军第4师第10团出动22架米格-15型歼击机，以团"品"字形编队，高度7 000～8 000米，时速800千米，经铁山沿朝鲜西海岸飞往平壤以南地区，打击美军F-80型战斗轰炸机小机群。编队至清川江上空时发现12架F-86型战斗机北犯。为执行打敌战斗轰炸机小机群任务，置这群敌机于不顾，领队长机吉世堂率队下降高度向目标区继续前进。至肃川上空时，3大队大队长邹炎发现美机企图尾随攻击志愿军空军机群，随即右转率6号机周永宽追击4架F-86型飞机，至大馆洞地区时又发现6架F-86型飞机，从其右后上方追来，企图袭击志愿军空军的机群。空战中，2架美机咬住邹炎的飞机，邹炎即上升至7 000米，摆脱美机，安全返航。2号机胡树和发现右前方有2架F-86型飞机向其逼近，即一面报告长机一面右转脱离，但仍被美机击伤，后摆脱返航。3号机褚福田见2号机胡树和被美机攻击，遂率僚机赵计良右转迎击，褚福田连续3次攻击，将美长机击落。4号机赵计良在长机褚福田追击美机的同时，发现右前方高度5 000米有2架 F-86型飞机，一面报告长机一面左转切半径，向美机射击，击落1架。6号机周永宽见2架F-86型飞机由尾后攻来，向右脱离时左机翼中弹。赵计良即左转加大油门追击美机，在600米距离上开炮，将美机击伤。此时，2大队在顺川上空发现20余架美军F-86型飞机企图尾随攻击，遂急右转投入攻击。长机郑刚与6架F-86型飞机格斗，击伤美机1架，自己被美机击中，跳伞成功。此战，击落美军F-86型战斗机2架、击伤2架，己方被击落1架、击伤2架。 (邓奕春)

Zhennanpu Kongzhan
镇南浦空战 (Jinnampo, Air Combat over) 1952年7月27日，中国人民志愿军空军与以美国为首的"联合国军"空军在朝鲜镇南浦地区上空进行的空中作战。当日10时30分，英军飞机在朝鲜平壤以南地区活动。10时45分，志愿军空军第3师技术检查主任林虎率领第9团2、3大队米格-15型歼击机8架，经铁山沿西海岸利用云层隐蔽出航，直插镇南浦地区，采取迂回战术打击敌机。编队飞至镇南浦上空，开始左转弯向北搜索敌机。带队长机林虎利用地面高射炮射击敌机的硝烟，判断敌机位置，率领编队右转弯，利用云层发现英军FMK-5型飞机4架，立即投入攻击。英军飞机企图利用云层脱离，第9团以双机为单位紧追不舍。战斗中，3号机张守兰、4号机朱志敏各击落英机1架。5号机刘志田见敌机钻入云层欲脱离，在僚机罗沧海掩护下，绕其后方，击落敌机1架，接着又将迎面飞来的1架敌机击伤。此战，志愿军空军第3师第9团击落英军飞机3架，击伤1架。 (邓奕春)

Xuanchuan Kongzhan
宣川空战 (Sonchon, Air Combat over)
1952年11月2日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜宣川地区上空进行的空中作战。当日下午，美国空军出动60架F-86型战斗机，掩护150余架战斗轰炸机，企图进袭鸭绿江上游的拉古哨发电站。志愿军空军第3、第12师出动米格-15比斯型歼击机28架，至龟城、定州地区打击美空军掩护机群，苏联空军出动飞机60架，打击美战斗轰炸机群。志愿军空军集中兵力将40余架美F-86机群阻滞于宣川、定州一带，双方进行激烈空战，虽未取得战果，却有力支援了苏联空军集中兵力击落美军战斗轰炸机14架，粉碎了美国空军进袭拉古哨发电站的企图，保卫了目标安全。

(邓奕春)

Taichuan Kongzhan
泰川空战 (Taechon, Air Combat over)
1952年11月15日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜泰川地区上空进行的空中作战。当日12时49分～13时50分，美国空军梯次出动 F-86型战斗机7批48架，在朝鲜清川江地区掩护战斗轰炸机15批112架，袭击清川江沿岸交通干线。志愿军空军第3师第9团副团长王海率领16架米格-15比斯型歼击机飞至清川江上空，自南向北由侧后打美机群。第12师第36团副团长王华清率16架米格-15比斯型歼击机，向清川江前进，由北向南正面攻击。两个团同时到达泰川地区，对美10余架F-86型战斗机进行南北夹击。战斗中，第3师第9团大队长刘志田抓住战机，击落美机1架；孙生禄在僚机马连玉的掩护下，击落美机1架。第12师第36团在清川江地区上空与向南回窜的美机相遇，5号机王继文击落美机1架。此战，志愿军空军击落美机3架，己方被击落、击伤各1架。美空军F-86型飞机的先头部队遭打击后，其战斗轰炸机失去掩护，未敢北窜。 (邓奕春)

Tieshan Kongzhan
铁山空战 (Cholsan, Air Combat over)
1952年12月2日，中国人民志愿军空军与美国空军在朝鲜铁山地区上空进行的空中作战。当日中午，志愿军空军共发现15批96架美机，其中2批16架 F-86型飞机掩护侦察机沿朝鲜西海岸直窜铁山地区进行袭扰和侦察。其他飞机活动于清川江地区，掩护战斗轰炸机对沙里院、新溪、阳德等地区进行空袭。12时15分，志愿军空军第12师第34团团长郑长华率16架米格-15比斯型歼击机起飞，在铁山地区上空与16架美 F-86型战斗机进行空战。6号机王武、9号机姜龙亭各击落美机1架，8号机张道谦单机追击，迫使1架美机慌乱中失事坠海。志愿军空军飞机全部安全返航。 (邓奕春)

Longyanpu Kongzhan
龙岩浦空战 (Ryongpo, Air Combat over) 1952年12月3日，中国人民志愿军空军与美国空军在鸭绿江口龙岩浦地区上空进行的空中作战。当日12时36分，美空军3批24架F-86型战斗机飞至鸭绿江口两侧活动。志愿军空军第3师第9团起飞12架米格-15比斯型歼击机，协同苏联空军机群于龙岩浦上空打击该批美机。空战中，志愿军空军第3师第9团中队长孙生禄击落美机1架，己方无损伤。 (邓奕春)

Jiluo Feixi'er Kongzhan
击落费席尔空战 (Shooting down Fisher) 1953年4月7日，中国人民志愿军空军飞行员韩德彩在抗美援朝战争

中击落美国空军“双料王牌驾驶员”H.E.费席尔的空中作战。当日下午，志愿军空军第15师第43团12架米格－15比斯型歼击机与美国空军F－86型飞机机群空战后返航。长机张牛科和飞行员韩德彩掩护其他飞机着陆后，双机拉开距离准备着陆时，地面指挥员发现敌情，命令他们赶快拉起。韩德彩拉起后，在左前方



击落美空军“双料王牌驾驶员”费席尔的韩德彩

约300米高度发现2架飞机正在左转。韩德彩判明是1架美军F－86型飞机正在追袭1架苏联空军飞机，此时，美机发现长机张牛科准备着陆，转而向其攻击。韩德彩不顾自己飞机油量警告灯已亮，一面向长机报警，一面迅猛冲向美机。美机以下滑右转动作企图脱离。因美机高度较低，韩德彩判断它不可能再向下做剧烈机动，便没有跟下去，而是向上拉起，占据了高度优势。美机下滑后果然又向左做急上升，韩立即向左方截击。美机急速改为右转上升动作。韩迅速压右坡度，距离美机约300米时一个长连射将其击落，飞行员H.E.费席尔跳伞后被俘。费席尔系美国空军第51联队上尉小队长，在朝鲜战场战斗飞行175次，被美国空军称为“第一流的喷气式空中英雄”和“双料王牌驾驶员”。韩德彩先后击落美机5架，被空军授予二级战斗英雄荣誉称号。

（邓奕春）

Kongjun Zhiyuan Jiaofei Zuozhan

空军支援剿匪作战 (Air Force Support in Operations of Suppressing Banditti)　1952～1953年，中国人民解放军空军支援陆军部队剿匪的作战行动。中华人民共和国建立后，国民党潜伏和残留的特务、土匪在部分边远地区活动猖獗。为巩固新生的人民政权，稳定社会秩序，中国人民解放军陆军进行了剿匪斗争，空军奉命配合作战。

1952年7月20日～8月20日，川西军区部队发起黑水战役，清剿盘踞四川省西部黑水河中上游地区以国民党军统特务傅秉勋为头目的土匪集团。战役赋予空军的主要任务是：实施空中侦察、轰炸和扫射，配合陆军围歼敌人；空投传单，对敌开展政治攻势；拦击可能来自台湾的飞机；对地面进剿部队所需物资实施空投补给。空军第8师图－2型轰炸机6架、第9师拉－9型驱逐机5架，组成混合团进驻四川广汉机场，归西南军区空军司令部指挥，执行配合剿匪的作战任务；由驻四川新津机场的空军第13师派出运输机18架，担负战区空投空运任务。为保证对参战的空军部队实施统一指挥和与陆军部队进行有效协同，西南军区空军司令部在广汉机场组成基地指挥所，由西南军区空军司令员傅传作任指挥员。在茂县设立辅助指挥所，并向陆军东、西两线突击团派出目标引导组。战役期间，空军共出动轰炸机、驱逐机6批17架次，对木疏衙门、杂窝等地土匪集结区多次进行轰炸扫射，投弹72颗，发射枪炮弹1 300余发，投撒传单17万份。出动运输机237架次，为地面部队空投粮食等物资496吨。完成在山岳丛林地带配合陆军剿匪作战任务。

1952年12月，西北、西南军区决定对流窜于甘肃南部与四川、青海边界山区的国民党残匪马良、马元祥等部数千人进行清剿。空军配合剿匪，主要任务是空投传单，开展政治攻势；为进剿部队空投物资。12月下旬，空军第13师出动伊尔－12型运输机1架，以兰州为基地，向土匪盘踞的窝点空投传单等宣传品。1953年3月初，该师出动伊尔－12型运输机5架进驻兰州机场，执行空投支援任务，直至7月底战役结束。战役期间，空军共出动运输机169架次，空投粮食、弹药和其它物资343吨，空投宣传品4吨，完成支援剿匪作战任务。

（陆文至　杨善双）

Shanghai Diqu Jiluo B-29 Feiji Zhandou

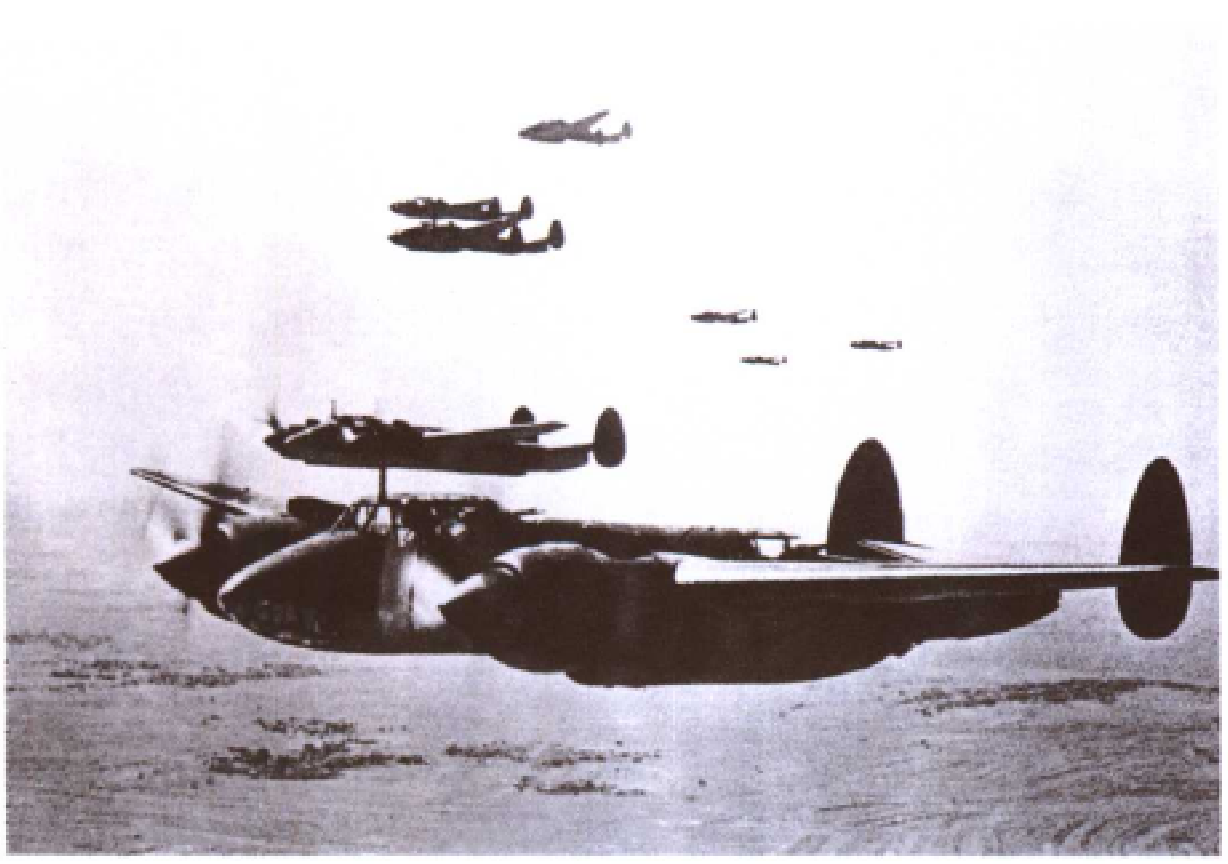
上海地区击落B－29飞机战斗 (Shanghai, Shooting down a B-29 Bomber in)　1952年9月20日，中国人民解放军空军第2师第6团在上海地区击落入侵中国领空的美军B－29型轰炸机的空中作战。当日5时36分，驻上海地区防空警戒雷达发现大型飞机1架，距离133千米、高度1 500米，自东南方向逼近上海市。5时45分，该团起飞米格－15型歼击机2架，在指挥所引导下，长机飞行员何中道、僚机飞行员李永年飞至崇明岛陈家镇上空，发现美军B－29型轰炸机。接敌过程中，美机首先开火。何中道、李永年随即实施攻击，从高度1 500米打到200米，开炮4次，击落美机。何中道驾驶的飞机中弹1发，双机安全返航。此战，中国人民解放军空军在国土防空作战中首次击落入侵飞机。29日，空军通报表彰第2师，并给何中道、李永年各记大功1次。

（倪　智）

Yijiangshandao Zhanyi Kongzhong Zuozhan

一江山岛战役空中作战 (Yijiangshan Island Campaign, Air Operations in)　1954年7月～1955年1月，中国人民解放军空军协同陆、海军解放一江山岛等岛屿的作战行动。

1954年7月，中央军委命令华东军区统一指挥参加一江山岛战役的陆、海、空军部队，解放台湾当局军队所占浙东沿海岛屿。华东军区决心首取一江山岛，作为夺取大陈诸岛的突破口。战役赋予空军的主要任务是：以歼击航空兵协同地面防空部队，夺取和保持战区制空权；以轰炸、强击航空兵集中兵力突击来自台湾的军舰，切断台湾当局对大陈诸岛的后勤补给和兵力增援；以小机群连续轰炸大陈、披山、渔山等岛屿的军事设施，隐蔽进攻一江山岛的企图；支援陆、海军部队登陆，攻占一江山岛；实施航空侦察等。空军参战部队包括：空军第3、第11、第12、第20、第29师，独立第1、第2团，由华东军区浙东前线指挥部空军指挥所统一指挥，聂凤智任空军前指司令员。另有海军航空兵第1、第2、第4师部分兵力也归该指挥所指挥。参战的空、海军航空兵部队共有各型飞



一江山岛登陆作战中的空中支援

机近200架，分别部署在宁波、栎社、笕桥、嘉兴、上海大场等机场。

支援登陆作战准备　建立严密的指挥引导和海空、陆空协同机构，除各机场建立指挥所外，在战区前沿的头门山、松门、南田、高岛开设4个辅助指挥所，在白岩山设立对空引导站，向海军舰队和登陆部队第一梯队派出代表和引导员。开展战前练兵，空军前指组织歼击、轰炸、强击航空兵协同演习；参战空军部队指挥员参加了浙东前指组织的合练，并研究了陆、海、空三军联合渡海登陆作战的组织指挥和协同动作。进行航空侦察，空军先后出动侦察机60架次，对一江山、大陈、披山、渔山等岛屿进行航空照相侦察，获得大量情报资料。抢修机场，补充作战物资。加强作战政策教育，贯彻“有理、有利、有节”的斗争策略。确立“以陆军的胜利为胜利”的作战指导思想。至10月底，基本完成参战准备。

夺取战区制空权，封锁敌占岛屿　早在同年3～7月，人民解放军空军和海军航空兵已在该地先后与台湾当局空军空战8次，击落其飞机11架、击伤5架，迫使台湾当局空军不敢轻易到浙东沿海活动。大陈、一江山岛以北地区的制空权已经被人民解放军控制。11月1日，以空军为主，在海军鱼雷快艇和海岸炮兵协同下，集中突击大陈海域的台湾当局军舰，同时轰炸大陈诸岛。至12月21日，空军6次轰炸大陈、一江山、渔山、披山等岛屿及其附近海域台湾当局军舰，摧毁部分军事目标，对军舰的突击未奏效。参战部队总结教训、改进方法、重新制定作战方案。1955年1月10日6时38分～16时43分，空军出动各型飞机130架次，4次轰炸大陈锚地台湾当局军舰，击沉、击伤台湾当局军舰5艘。此后，台湾当局军舰不敢轻意在大陈海面活动。在封锁大陈诸岛的一系列战斗中，空军前指先后组织出动各型飞机297架次，较好地完成了任务。



一江山岛战役中的空军轰炸航空兵

支援登陆战斗　1955年1月18日，空军配合陆、海军部队，按预定计划向一江山岛发起进攻。当日4时11分，空军出动歼击机掩护集结于头门山、高岛等地的登陆部队完成登舰起航准备。随后轮番出动歼击机168架次，分批在战区上空巡逻，对整个战区进行掩护，并对轰炸机编队进行直接护航。8时0～15分，3个轰炸机大队、2个强击机大队，对一江山岛纵深集团工事和主要火力支撑点实施航空火力突击，摧毁和破坏了对登陆部队威胁最大的北一江山岛160高地上的炮兵阵地、高射机枪阵地、地堡、掩蔽部等；1个轰炸机大队、1个强击机大队，突击大陈岛守军的指挥所和远程炮兵阵地，使其通信联络中断，指挥失灵。14时0～14分，3个轰炸机大队，对一江山岛纵深的核心工事和指挥机构，再次实施航空火力突击，摧毁和破坏了台湾当局　“一江山地区司令部”全部营房和通信设施、迫击炮阵地、高射机枪掩体及堑壕，使全岛指挥陷于瘫痪；2个轰炸机中队、1个强击机大队，压制大陈岛上榴弹炮阵地，炸毁大陈岛雷达阵地。14时30分，步兵第一梯队在一江山岛登陆。14时33分，空军2个强击机大队对一江山岛守军前沿阵地进行俯冲轰炸、扫射，压制岛上守军的火力点，支援登陆部队向纵深发展。17时30分，登陆部队攻占全岛，击毙、俘虏台湾当局守军1 086人。由于人民解放军牢牢掌握战区制空权，台湾当局空军战斗机未敢到战区上空活动。当天，空军前指共组织出动各型飞机288架次，其中歼击机168架次，轰炸机72架次，强击机48架次；投掷各种航空炸弹851枚、共127吨，发射枪炮弹3 741发，其中轰炸一江山岛投弹93.69吨。为支援地面部队攻占一江山岛发挥了重要作用。

2月8日起，盘踞在大陈、渔山、披山等岛屿的台湾当局守军在美军协助下弃岛南逃。25日，浙东沿海岛屿全部解放。　　　　（陆文至）

Hongzha Dachendao Maodi

轰炸大陈岛锚地　(Dachen Island, Bombardment of Anchorage Ground of the)

1955年1月10日，中国人民解放军空军在一江山岛战役中，轰炸停泊于大陈岛锚地的台湾当局海军舰艇的行动。

一江山岛战役前期，空军、海军航空兵突击大陈岛锚地台湾当局军舰未能奏效。1954年11月14日，台湾当局“太平”号护航驱逐舰被人民解放军海军击沉后，其他舰艇昼间活动于大陈港外，夜间返港，企图逃避打击。1955年1月10日，浙东沿海风速达17米／秒。空军前线指挥所判断台湾当局舰艇只能停泊在大陈港内，不会出海。空军前指司令员聂凤智决定抓住战机，袭击大陈港。当日6时38分～16时43分，航空兵出动各型飞机130架次，不顾守军高射炮火的威胁，集中轰炸了大陈岛锚地。空军第11师第31团飞行员刘建汉驾驶伊尔－10型



参加轰炸大陈岛锚地的张伟良机组

强击机投下4颗炸弹，3颗命中“衡山”号修理舰，将其重创。空军第20师副师长张伟良率28架图－2型轰炸机出击，在大陈港“三号锚地”发现敌“中权”号坦克登陆舰、“五号锚地”发现“太和”号护航驱逐舰和部分小艇。张伟良命3大队轰炸“太和”号护航驱逐舰，自己率1、2大队突击“中权”号坦克登陆舰。张伟良机组首先命中“中权”号舰首，宋宗周机组随后击中其右舷，“中权”号很快在烈火中沉没。与此同时，副团长宁福奎率3大队将“太和”号护航驱逐舰击伤。此战，击沉、击伤台湾当局“中权”号坦克登陆舰、“衡山”号修理舰、“太和”号护航驱逐舰等5艘，迫使台湾当局军舰此后不敢轻易在大陈岛海域活动，中国人民解放军掌握了战区制空、制海权，为一江山岛战役胜利创造了条件。战后，刘建汉、张伟良、宋宗周被空军授予二级战斗英雄称号。（倪　智）

Kongjun Rumin Zuozhan

空军入闽作战　(Fujian, Air Force Operations in)　1958年7～10月，中国人民解放军空军航空兵部队进驻福建和粤东地区打击台湾当局空军袭扰的作战行动。同年7月，台湾当局在美国支持下，乘中东局势紧张之机，频繁出动飞机对福建和粤东地区进行军事挑衅，加速进行反攻大陆的准备。中共中央、中央军委作出加强东南沿海军事斗争的决策，指示空军和地面炮兵立即行动，空军转场入闽越快越好，地面炮兵和海岸炮兵封锁金门及其海上航道。空军航空兵部队迅速完成从内地向福建、粤东地区的机动，与台湾当局空军展开激烈的空中斗争，夺取了福建、粤东沿海地区的制空权，完成了配合陆、海军炮击封锁金门的作战任务。

紧急部署，首战获胜　7月18日，中央军委决定空军紧急入闽；炮击封锁金门。空军立即采取措施：迅速组建强有力的指挥机构；使用战斗力较强、有作战经验的部队，力争打好第一仗；加强各机场的保障机构；明确作战指导思想；大力开展政治动员工作。19日，空军发出部队行动命令。27日，空军航空兵第一批入闽部队第1师第1团和第18师第54团，分别隐蔽转到福建连城和粤东汕头机场。

29日11时，台湾当局空军4架F－84G型飞机，向汕头方向进袭，刚进驻汕头机场的空军第18师第54团起飞4架米格－17Φ型飞机迎击，在不到3分钟的空战中，击落台湾当局空军飞机2架、击伤1架，以3∶0告捷，揭开空军入闽作战序幕。

夺取制空权　在航空兵部队进驻福建、粤东之前，中国人民解放军不能有效掌握该地区制空权。为夺取该地区制空权，空军采取积极有效措施：一是采用“逐步推进”的部署，进驻相当数量的部队，保持兵力优势。继第一批航空兵部队进驻后，8月4日～13日，第9师第27团进驻漳州机场，第1师第3团进驻连城机场，第16师第46团进驻龙田机场，海军航空兵第4师第10团进驻福州机场。至此，一线机场部署6个歼击机团，连同在二线和待机位置的部队共17个团，有歼击机520余架，主要装备为歼－5型和米格－17Φ型飞机。在飞机的数量和性能上都优于台湾当局空军。二是严格执行中央军委规定的政策，不进入公海上空作战，不首先轰炸台湾当局占据的岛屿，不主动攻击没进入大陆领空的美机等。三是认真应对台湾当局空军的每次战斗出动，力争对其进入大陆上空的战斗机，给以歼灭性打击，积小胜为大胜，以达到控制这一地区制空权的目的。争夺制空权的战斗，历时3个月，分为两个阶段。

第一阶段，7月27日～8月22日。空、海军航空兵部队突然出现在福建、粤东前线，台湾当局为急于弄清情况，不断出动飞机对福建、粤东地区机场实施航空侦察。继7月29日台湾当局空军在南澳岛上空被击落击伤3架飞机以后，8月7日，台湾当局空军8架F－86型飞机掩护2架RF－84型飞机入窜侦察。刚进入大陆上空，即被驻漳州第9师8架歼－5型飞机截击，空战5分钟，飞行员岳崇新击伤台湾当局空军第5大队副大队长汪梦泉所驾驶的飞机。8月13日，台湾当局空军又出动2架RF－84型飞机，在12架F－86型飞机的掩护下，企图侦察福州机场。海军航空兵第4师第10团起飞4架米格－17Φ型飞机迎击，在闽江口上空，将2架RF－84型飞机击伤。8月14日，台湾当局空军起飞2批11架F－86型战斗机，窜扰福建沿海上空。10时20分，空军第16师第46团起飞8架米格－17Φ型飞机迎战。10时39分，在平潭岛上空与台湾当局空军F－86型飞机编队遭遇，在兵力、飞行高度都处于劣势的情况下，飞行员周春富驾机猛插敌机群，击落F－86型飞机2架、击伤1架，后被对方击落牺牲。

7月29日～8月22日，进驻福建、粤东的航空兵部队出动飞机255批，1 077架次，空战4次，击落国民党飞机4架，击伤5架，己方被击落1架，4战4捷。

第二阶段，8月23日至10月中旬。该阶段空战规模增大，战斗激烈复杂。8月23日，中国人民解放军炮击金门后，美军不断向台湾增兵，部署在台湾的F－100、F－104等型飞机已达140余架。9月17日，驻台湾的美空军接替台湾本岛防空任务，经常出动飞机在台湾海峡上空巡逻。台湾当局空军以美机为后盾，每天出动飞机达200余架次，除直接掩护运输机向金门空投外，有时还派出少量飞机伺机窜扰大陆寻衅。

8月25日，台湾当局空军集结48架F－86型飞机在金门以东上空活动，8架飞机进入漳州附近上空。福州军区空军指挥出动68架歼击机抗击。第9师的8架

歼－5型飞机在漳州上空与8架F－86型飞机遭遇。飞行员刘维敏驾机同4架F－86型战斗机激战，从高度10 000米打到800米，击落F－86型战斗机2架。当刘维敏追击另1架飞机时，被地面部队高射炮误射击落。

9月24日，台湾当局空军出动F－86型战斗机126架次，RF－84型侦察机14架次，对北起温州，南至汕头的中国人民解放军海、空军基地强行侦察，并寻机空战。福州军区空军先后指挥起飞歼击机248架次迎击，使台湾当局空军未敢大批进入大陆上空，只有2批16架F－86型飞机进入德化、三都澳地区上空，空军第14、第16师起飞飞机拦击，击伤F－86型飞机1架，己方被击伤1架。海军航空兵起飞飞机截击进入温州上空的台湾当局空军机群，飞行员王自重击落F－86型飞机2架后，被对方发射的“响尾蛇”空空导弹击中。

10月10日，台湾当局空军出动飞机400架次，活动于台湾海峡上空。其中1批6架F－86型飞机窜至福清、龙田上空，空军第14师8架米格－17Ф型飞机迎战。空战中，飞行员杜凤瑞击落2架F－86型飞机后，自己驾驶的飞机被击伤，失去操纵跳伞，在距地面1 000多米时，被1架F－86型飞机击中牺牲。该架F－86型飞机亦当即被空军高射炮兵第521团击落。

10月10日空战后，由于台湾当局空军连遭打击，再未出动大批量飞机窜扰福建、粤东地区，人民空军夺取了该地区的制空权。

配合陆、海军封锁金门 8月23日，中国人民解放军炮兵对金门实施猛烈炮击。根据中央军委“打而不登、封而不死”的方针，对金门岛持续进行封锁。

中国人民解放军空军为配合炮击封锁金门，做好反轰炸准备，令轰炸航空兵第8师第22、第24团和独立第4团进驻樟树机场，强击航空兵第5师第13、第15团，第11师第31团就地待命；部署2个高射炮营在围头、莲河、厦门等地掩护地面炮兵安全；调1个探照灯分队部署在厦门前沿阵地，协同地面炮兵作战。9月23日和25日，以米格－15比斯型侦察机6机编队，两次对大金门、小金门、大担、二担等岛屿进行航空侦察。

金门被炮击封锁后，台湾当局对金门采用运输机空投供应。昼间空投，由台湾当局空军出动F－86型机群间接掩护；夜间空投，由美机在金门东南20～40千米海面上空掩护。9月下旬，台湾当局对金门的空投补给不断增加。10月2日，中央军委决定对台湾当局实施空投的运输机予以打击。10月3日15时2分，台湾当局空军出动24架C－46型运输机，由48架F－86型战斗机掩护，向金门岛空投。15时40分，福州军区空军令驻连城、汕头机场的航空兵各起飞24架米格－17Ф型飞机，飞至接近金门的同安、漳州、漳浦地区上空，高度12 000米左右吸引和牵制F－86型战斗机群。15时56分，从晋江机场起飞4架米格－17Ф型歼击机，低空隐蔽出航，在金门上空一举击落C－46型运输机2架。此后，台湾当局空军停止了昼间向金门的空投。10月6日，中华人民共和国国防部部长彭德怀发表《告台湾同胞书》。11月以后，台湾海峡局势逐渐缓和。

空军入闽作战是一次规模较大的作战行动。自1958年7月29日至10月底，航空兵(含海军航空兵)出动飞机691批、3 778架次，空战13次，击落台湾当局空军飞机14架、击伤9架；高射炮兵作战7次，击落飞机2架，击伤2架。己方被击落飞机5架，击伤5架。较好地完成了作战任务。（冯 渊）

Sanbiling Kongzhan

三比零空战 (Three-to-Zero Air Combat) 1958年7月29日，中国人民解放军空军航空兵部队在汕头地区上空击落、击伤台湾当局空军飞机3架，己方无一损伤的空中作战。

当日11时许，台湾当局空军第1大队副中队长刘景泉率领4架F－84G型战斗机，低空向汕头方向窜扰。刚进驻汕头机场的空军第18师第54团已做好战斗准备。11时7分30秒，师长林虎令赵德安、黄振洪、高长吉、张以林驾驶4架米格－17Ф型歼击机迎击。4机在细雨中起飞，当时云底高只有200米，带队长机、大队长赵德安决定在高度150米云下编队，穿云上升，飞向战区。

11时11分，飞至南澳岛附近空域时，3号机高长吉报告在右前上方发现F－84G型飞机2架。地面指挥员随即通报：



取得3：0战绩的飞行员

不是2架，是4架，周围没有别的敌情，放心打。赵德安遂令高长吉、张以林双机攻击，他和僚机黄振洪掩护。高长吉、张以林迅速靠近敌僚机组(3、4号机)，敌长机组(1、2号机)立即作右转动作，企图绕到高的尾后，张以林正处在敌机内侧，迅速发射炮弹拦阻，敌1号机改右转为左转，敌2号机紧随其后，恰好给高长吉以良好的射击条件，高3炮齐发，将敌2号机击落坠海。在高长吉后上方的张以林，紧咬敌1号机刘景泉，刘急剧下滑脱逃，张以林从高度2 000米追到200米，在距敌机150米开炮，刘景泉飞机左机翼中弹后坠毁。高长吉、张以林在攻击敌长机组时，敌僚机组想绕到高、张机后，为其长机组解围。赵德安追上去，瞄准敌3号机开炮，将其击伤，该机和另一架僚机逃窜。这次空战，指挥正确果断，飞行员机智灵活，射击准，打得狠。空战仅用3分钟，击落F－84G型战斗机2架、击伤1架，己方无一损伤，取得3：0的战绩。这是空军入闽作战的第一仗。7月30日，毛泽东对空军领导说：“祝贺空军旗开得胜。”（冯 渊）

Pingtandao Kongzhan

平潭岛空战 (Pingtan Island, Air Combat over the) 1958年8月14日，中国人民解放军空军与台湾当局空军在平潭岛上空进行的空中作战。当日10时15分，台湾当局空军2批11架F－86型战斗机，窜入福建沿海上空袭扰。10时20分，空军第16师第46团8架米格－17Ф型飞机起飞迎敌。10时39分，8号机周春富在左前方发现3架飞机尾迹。接着全队人员共发现7架飞机尾迹，高度12 000米，从马祖岛上空飞向闽江口。另4架在平潭岛附近上空策应。



击落击伤台湾当局空军3架飞机的周春富

米格-17Φ型飞机编队高度7 000米，时速750千米，地面指挥所令升高至11 000米，右转航向150度，空中指挥员认为右转不利，令编队左转航向40度，沿海岸飞行。当时2中队长机发现右方有敌机，即率2中队右转。F-86型飞机见对方高度处于劣势，拉成一个扇面队形，向下扑来。2中队爬高占位已来不及，便从对方机腹下冲过。F-86型飞机扑了空，马上分成2批，左边4架向右转，右边3架向左转，企图包抄我机。2中队长机立即下令右转，向3架即将临近的台湾当局空军飞机插去，追其3架飞机南逃，2中队长机率队紧追不舍。周春富发现4架敌机企图从后方袭击，调转机头，迎面朝4架F-86型飞机冲去，边冲边开炮，1架敌机当即中弹坠海。周春富拉起机头爬高占位，又发现数架飞机向己方飞机追去，立即冲向敌机群。这时刚逃离的3架敌机转到周春富的后面，向周开火。周驾驶的飞机被击伤后，仍连续向敌机开炮，又有1架飞机被周打成重伤逃窜。台湾当局空军机群重整队形向周春富扑来，周咬住其中1架敌机，近距开炮，打得这架飞机凌空爆炸。此时周春富驾驶的飞机又被击中，失去操纵，周跳伞未果，坠海牺牲。这次空战，周春富打得英勇顽强，击落敌F-86型飞机2架，击伤1架。为表彰周春富的功绩，空军为他追记一等功。

（冯　渊）

Zhangzhou Kongzhan

漳州空战 (Zhangzhou, Air Combat over)　1958年8月25日，中国人民解放军空军与台湾当局空军在福建漳州地区上空进行的空中作战。当日下午，台湾当局空军集中48架F-86型战斗机活动于金门岛以东海域上空，其中8架飞机窜至漳州地区上空。福州军区空军指挥出动68架米格-17Φ型和歼-5型飞机迎击。其中空军第9师第27团的8架歼-5型飞机在漳州上空与8架F-86型飞机展开空战。3号机飞行员刘维敏单机同4架F-86型战斗机激战14分钟，从高度10 000米打到800米，击落F-86型战斗机2架。当刘维敏驾机追击另1架敌机时，被地面高射炮误射击落牺牲。此次战斗，刘维敏英勇作战，一次作战击落2架敌机。

（冯　渊）

Fengsuo Jinmen Jiluo C-46 Feiji Zhandou

封锁金门击落C-46飞机战斗 (Jinmen Shooting down C-46 Aircraft in Blockade of)　1958年10月3日，中国人民解放军空军在封锁金门作战中击落台湾当局空军执行空投任务运输机的空中作战。当日15时2分，台湾当局空军先后出动24架C-46型运输机，在48架F-86型飞机掩护下，向金门岛空投补给。掩护机群在接近金门上空活动，高度12 000～13 000米。15时40分，福州军区空军令驻连城机场的空军第16师、汕头机场的空军第18师各起飞24架米格-17Φ型飞机，飞至接近金门的同安、漳州、漳浦地区上空，在12 000米高空牵制担任掩护任务的F-86型战斗机群；令第16师第48团起飞米格-17Φ型歼击机打击C-46型运输机。15时56分，从晋江机场起飞米格-17Φ型歼击机4架，由第16师第48团副团长曹双明带队，低空隐蔽出航，飞至围头北35千米处，2号机方洪义发现第1架C-46型运输机。此时，曹双明见这架运输机已接近金门，如追过去打，可能受到对方高射炮火的威胁，同时会吓跑后续运输机，于是决定打第2架运输机。曹连续3次开炮，从距离700米打到350米，将其击落。飞行员方洪义、余耀忠连续攻击第3架运输机，也将其击落。其余运输机迅速逃离。此次空战，击落C-46型飞机2架。此后，台湾当局空军停止昼间向金门岛的空投行动。

（冯　渊）



击落台湾当局空军2架C-46飞机后凯旋

Guangfeng Diqu Jiluo B-17G Feiji Zhandou

广丰地区击落B-17G飞机战斗 (Guangfeng, Shooting down a B-17G Aircraft over)　1956年6月23日，中国人民解放军空军第12师在江西广丰地区击落台湾当局空军B-17G型飞机的空中作战。22日22时，台湾当局1架B-17G型飞机窜入浙江玉环岛上空，高度2 000米，时速300千米。先后经浙江天台、义乌、寿昌、安徽歙县、休宁、江西婺源、德兴、广丰等地，投撒传单。23日零时39分，空军第12师第34团团长鲁珉驾驶米格-17Φ型歼击机起飞，在地面指挥所引导下接敌，鲁珉利用月光在距离2千米目视发现敌机，占位攻击，第1次距敌机400～500米开炮，击中敌机；第2次距敌机270米开炮，将B-17G型飞机击落，坠于江西广丰县境内，机上台湾当局空军少校飞行员叶拯民等8人全部毙命。这是空军在国土防空作战中第一次夜间击落入窜的飞机。26日，国防部通令嘉奖作战有功人员。

（陆文至）

Enping Diqu Jiluo B-17G Feiji Zhandou

恩平地区击落B-17G飞机战斗 (Enping, Shooting down a B-17G Aircraft over)　1959年5月29日，中国人民解放军空军第18师在广东恩平地区击落台湾当局空军B-17G型电子侦察机的空中作战。当日21时，台湾当局空军2架B-17G型电子侦察机分别从广东省东部和西部窜入大陆，其中从西部入窜的1架由雷州半岛窜入广西梧州附近进行低空侦察，



击落台湾当局B－17G飞机的蒋哲伦



被击落的B－17G飞机残骸

高度150～300米，时速300～350千米。23时，地面雷达发现目标向广州方向飞行。23时8分，驻广州沙堤机场的空军第18师第52团1大队中队长蒋哲伦奉命驾驶米格－17ПФ型飞机起飞拦截。机场上空云量10，云底高260～500米，局部地区有阵雨，气象条件复杂。在地面指挥所引导下，蒋哲伦于23时26分压准敌机航迹，27分30秒机载雷达发现目标信号，距敌机2 000米时截获目标，距敌机800米时以小角度下滑姿态3炮齐发，击中敌机。蒋哲伦脱离后，再次进入并开炮击中敌机。23时37分，敌机于广东恩平以南15千米的那关山撞山爆炸，台湾当局空军少校飞行员胡平山等15人毙命。此战，中国人民解放军空军航空兵部队首次使用装有机载雷达的截击机，在夜间低空、复杂气象条件下击落敌机。（陆文至）

Beijing Diqu Jiluo RB-57D Feiji Zhandou

北京地区击落RB－57D飞机战斗

(Beijing, Shooting down a RB-57D Aircraft over)　1959年10月7日，中国人民解放军空军地空导弹第2营在北京地区击落台湾当局空军RB－57D型高空侦察机的战斗。当日10时3分，台湾当局空军1架RB－57D型高空侦察机，从浙江温岭方向窜入大陆，高度18 000～19 500米，时速750千米，经杭州、南京、济南、天津直窜北京通县上空。空军航空兵部队先后起飞歼击机10批13架次拦截，因高度差大未获战果。11时40分，驻北京地区的地空导弹部队全部进入一等战备。11时50分，目标距离阵地135千米，地空导弹兵第2营制导雷达开机，距离115千米，发现目标。距离70千米，发射架同步转入自动跟踪。12时4分，目标距离阵地35千米，飞行高度17 500米，速度230米／秒，航路捷径5千米。在营长岳振华指挥下，发射导弹3枚，击中目标，飞机坠于北京通县机场东南18千米处，上尉飞行员王英钦毙命。此战，中国人民解放军空军地空导弹部队首次参战即获战绩，开创世界防空史上用地空导弹击落飞机的先例。8日，朱德、李富春、贺龙、徐向前、聂荣臻、杨尚昆等在空军司令员刘亚楼陪同下到现场察看飞机残骸，并看望第2营官兵。10日，国防部通令嘉奖第2营。13日，空军给第2营记集体二等功。14日，空军在通县召开祝捷授奖大会。（倪　智）

Fuzhou Diqu Jiluo RF-101 Feiji Zhandou

福州地区击落RF－101飞机战斗

(Fuzhou, Shooting down a RF-101 Aircraft over)　1961年8月2日，中国人民解放军空军高射炮兵第105师在福州地区击落台湾当局空军RF－101型侦察机的战斗。从1960年起，台湾当局空军使用当时最先进的RF－101型战术侦察机对大陆实施侦察。该型侦察机采用隐蔽出航和低空、高速的战术手段，多次窜入均未被击落。驻东南沿海地区的空军部队根据历次作战经验，调整雷达部署，增设对空观察哨，研究制定"以快制快"战法并进行充分演练。1961年8月2日8时50分，台湾当局空军1架RF－101型侦察机从桃园机场起飞，经台湾海峡直飞大陆。飞行高度150米，时速925千米，保持无线电静默。9时8分15秒，该机飞至闽江口上空被对空监视哨发现。8分45秒，驻福州地区高射炮兵部队进入一等战备。多数高射炮兵连在距目标10 000米以外即捕捉到目标。10分30秒，驻福州机场高射炮兵第527、第503团共12个连，相继用37毫米、85毫米口径高射炮开火射击。11分35秒停止射击。飞机2次被击中，坠于福州机场西南14千米处的南屿镇附近，台湾当局空军少校分队长吴宝智跳伞被俘。此战，从发现目标到敌机坠毁历时3分20秒。当天，国防部通令嘉奖参战部队。空军召开现场会，刘亚楼司令员在会上指出："用高射炮打落敌低空超音速喷气式侦察机是空军对空作战史上第一次，这是一个创造性的胜利。"（倪　智）



高射炮兵部队向RF－101侦察机射击

Chengzituan Diqu Jiluo P-2V Feiji Zhandou

城子疃地区击落P－2V飞机战斗

(Chengzituan, Shooting down a P-2V Aircraft over)　1961年11月6日，中国人民解放军空军、沈阳军区高射炮兵部队在城子疃(今大连市城子坦)地区击落台湾当局空军P－2V型电子侦察机的战斗。当日18时45分，台湾当局空军1架P－2V型侦察机，高度300～600米，时速300～320千米，从辽东半岛地区的碧流河口入窜大陆，向城子疃地区窜扰。在该地设伏的空军高射炮兵第101师第502团，探照灯兵第402团7、8连和沈阳军区陆军高射炮兵1个团、6个营组成的高炮群严阵以待。P－2V型侦察机距高炮群阵地40千米时，目标指示雷达截获目标。距阵地5千米时，探照灯兵第402团8连中央雷达灯站开灯，距离4千米时照中目标。接着，4个灯站接光跟踪，高炮群立即进行射击。18时55分30秒，该机被



P－2V 飞机残骸

击中坠毁于碧流河口以东永宁屯北300米处。台湾当局空军中校叶霖等13人毙命。此战，从探照灯照中目标到敌机坠毁仅用30秒钟，是一次夜间灯炮密切配合的成功战斗。战后，总参谋长罗瑞卿等在空军司令员刘亚楼陪同下到现场察看飞机残骸，慰问作战部队。　　（倪　智）

Jiluo U-2 Feiji Zuozhan

击落U–2飞机作战　(U-2 aircraft, combats of shooting down)　1962年9月～1967年9月，中国人民解放军空军地空导弹兵部队5次击落台湾当局空军入窜大陆的U–2型高空侦察机的作战行动。

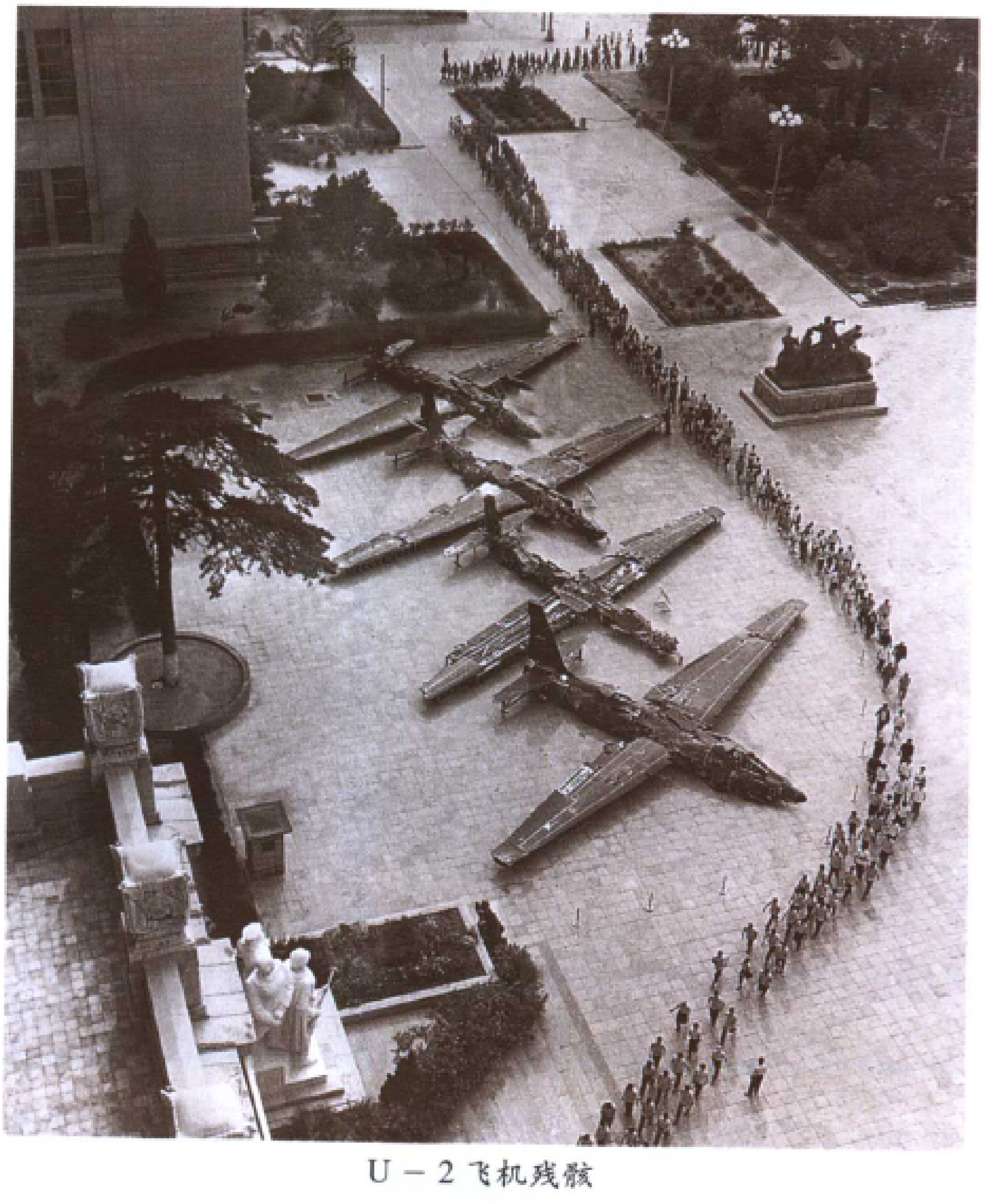
南昌地区击落U–2飞机　1962年1月，台湾当局空军开始使用U－2型高空侦察机对大陆实施侦察。该型飞机飞行高度20 000多米，人民空军歼击航空兵难以对其实施有效打击，中央军委决定使用有限的空军地空导弹兵部队进行伏击。同年6月27日，空军地空导弹兵第2营在长沙设伏，近2个月未遇战机。空军认真研究该型机入窜规律后，将第2营秘密转移至南昌，并于9月7日、8日连续组织部分轰炸机在南京、南昌间佯动，诱使U–2型侦察机出动。9日6时许，1架U－2型侦察机从福建平潭岛窜入大陆。8时24分，该机经九江左转窜南昌，8时32分，进入第2营火力范围。该营发射导弹3枚，将U–2型侦察机击落。飞机坠于南昌东南15千米的罗家集附近，少校飞行员陈怀生跳伞被俘，因受重伤抢救无效死亡。这是空军地空导弹部队第一次击落U–2型飞机。

上饶地区击落U–2飞机　南昌地区击落U–2型侦察机后，台湾当局空军改用加装电子预警系统的U–2型侦察机继续入窜大陆。空军地空导弹部队多次战斗失利后，针对U–2型侦察机的机动规律，采取压缩开制导雷达天线距离、快速完成射击操作动作等措施，形成有效对付该型侦察机的“近快战法”。根据中央军委指示，1963年10月下旬，空军地空导弹第1、第2、第3、第4营进驻江西上饶、弋阳，浙江江山、衢州一线，构成160千米的拦击正面。11月1日，1架U－2型侦察机从浙江温州窜入大陆，直飞西北地区进行侦察。空军指挥员决定歼其于返航途中。11时15分，该机从甘肃鼎新折返。14时5分，雷达捕捉到目标。14时11分，该机经九江直飞上饶。第2营在距目标35千米时打开制导雷达天线，8秒钟内发射导弹3枚，14时18分击中目标。飞机坠于江西省广丰县万罗山地区，两度获所谓“克难英雄”称号的少校飞行员叶常棣跳伞被俘。

漳州地区击落U–2型飞机　1964年5月15日，第2营秘密移驻福建漳州，以寻找更多战机。7月7日12时30分，1架U–2型侦察机经上海、南京、杭州、广州后回窜漳州地区。第2营在距目标32.5千米时打开制导雷达天线和反电子预警设备，锁定目标，3秒钟完成导弹发射准备，发射导弹3枚，12时36分将U－2型侦察机击落。飞机坠于漳州东南7千米的红板村，少校飞行员李南屏毙命。

包头地区击落U－2飞机　台湾当局空军U–2型侦察机遭连续打击后，加装了回答式干扰系统和红外线照相设备，并开始夜间出动。1964年10月16日，中国第一颗原子弹爆炸成功后，台湾当局空军对大陆的侦察更加频繁。空军地空导弹部队很快摸清U–2型侦察机实施干扰的规律，研制了新的反电子预警设备并装备部队。1965年1月10日，1架U–2型侦察机于19时56分由山东海阳上空窜入大陆，经黄骅、大同直飞包头地区。21时15分，第1营运用“近快战法”和反干扰手段，距目标44千米时制导雷达开机，抓住目标，发射导弹3枚。U–2飞机在其飞行员来不及使用预警装置和干扰系统的情况下被击落，少校飞行员张立义跳伞后被俘，飞机上装载的电子干扰设备被缴获。这是空军地空导弹部队首次夜间击落该型飞机。

嘉兴地区击落U–2飞机　包头之战后，科研人员成功研制出反电子干扰设备。1967年9月8日11时5分，1架U–2型侦察机从江苏启东窜入大陆，经海门、常熟，绕过上海市至浙江嘉兴地区实施侦察，并对地空导弹制导系统实施干扰。第14营使用国产地空导弹装备和反



U－2 飞机残骸

电子干扰设备，有效地反干扰，抓住目标，发射导弹3枚，将飞机击落。敌机坠落于浙江省海宁县西南5千米处，飞行员黄荣北毙命。这是地空导弹部队首次使用国产地空导弹击落U−2型飞机。

中国人民解放军空军地空导弹部队5次击落U−2型侦察机，迫使台湾当局自1968年3月起停止使用该型飞机侦察大陆。为表彰空军地空导弹部队，1963年12月26日，国防部授予第2营营长岳振华"空军战斗英雄"荣誉称号。1964年6月6日，国防部授予第2营"英雄营"荣誉称号。7月23日，毛泽东、周恩来、朱德等党和国家领导人，在人民大会堂接见第2营全体指战员。1965年1月28日，国防部发布命令，给第1营记集体一等功。

（陆文至　杨善双）

Linchuan Diqu Jiluo P-2V Feiji Zhandou

临川地区击落P−2V飞机战斗

(Linchuan, Shooting down a P-2V Aircraft over)　1963年6月20日，中国人



P − 2V飞机残骸

民解放军空军第24师在江西临川地区击落台湾当局空军1架P−2V型电子侦察机的空中作战。6月19日20时，台湾当局空军1架P−2V型电子侦察机从浙江路桥低空窜入大陆，飞行高度200～500米，时速300～330千米。先后窜扰浙江省仙居、青田、缙云、汤溪、淳安，安徽省休宁，江西省彭泽、九江，湖北省蕲春，江西省修水、峡江、新淦等地上空。空军驻杭州、衢州、南京、武汉、南昌部队先后起飞米格−17ΠΦ和图−4型飞机8架次拦截，对其连续跟踪410千米。敌机多次施放干



周恩来接见王文礼等作战有功人员

扰并采取机动飞行摆脱攻击。20日0时18分，当该机窜至江西新淦附近上空时，空军第24师副大队长王文礼驾驶米格−17ΠΦ飞机起飞迎击。在地面指挥所引导下，王文礼利用机载雷达发现目标，敌机多次施放强烈干扰企图摆脱。跟踪过程中，王文礼将飞机减速至最小机动速度，距敌机约300米时通过目视发现敌机。距敌机约100米时，王文礼3炮齐射击中敌机。敌机坠于临川县大窝坑，台湾当局空军"技术研究组"少校作战长周以栗等14人毙命。0时36分35秒，王文礼奉命返航。此战，是空军航空兵部队在夜间、低空、复杂气象条件下，击落装备有新型电子干扰设备的P−2V型电子侦察机。28日，周恩来在北京接见王文礼等作战有功人员。1964年9月，空军授予王文礼"夜空猎手"荣誉称号。

（陆文至）

Shouci Jiluo Ruqin de Waiguo Wuren Jiashi Feiji Zhandou

首次击落入侵的外国无人驾驶飞机战斗

(First Shooting down an Invading Foreign Unmanned Reconnaissance Aircraft)　1964年11月15日，中国人民解放军空军第1师在广东雷州半岛地区击落美国无人驾驶高空侦察机的空中作战。当日11时53分，1架美国BQM−147G型无人驾驶高空侦察机侵入雷州半岛上空，高度17 600米，时速780千米。11时58分，空军第1师中队长徐开通奉命驾驶歼−6型飞机起飞拦截。在地面指挥所引导下，徐开通压准无人机航迹。12时22分，徐开通在距敌机3 800米处、16 600米高度作跃升动作，至17 500米改平。此时，距敌机1 500米，低于敌机100米。徐开通驾机从敌机后下方以5度进入角进入，在距敌机400



首次击落美国无人驾驶高空侦察机的徐开通

米、300米时2次开炮，均未命中。在距敌机230米时第3次对准目标开炮，一直打到距敌机140米，敌机中弹坠海。此战，是中国人民解放军空军首次击落美国无人驾驶高空侦察机。战后，毛泽东、刘少奇、周恩来等领导人接见了作战有功人员。

（陆文至）

daji ruqin de waiguo wuren jiashi feiji

打击入侵的外国无人驾驶飞机

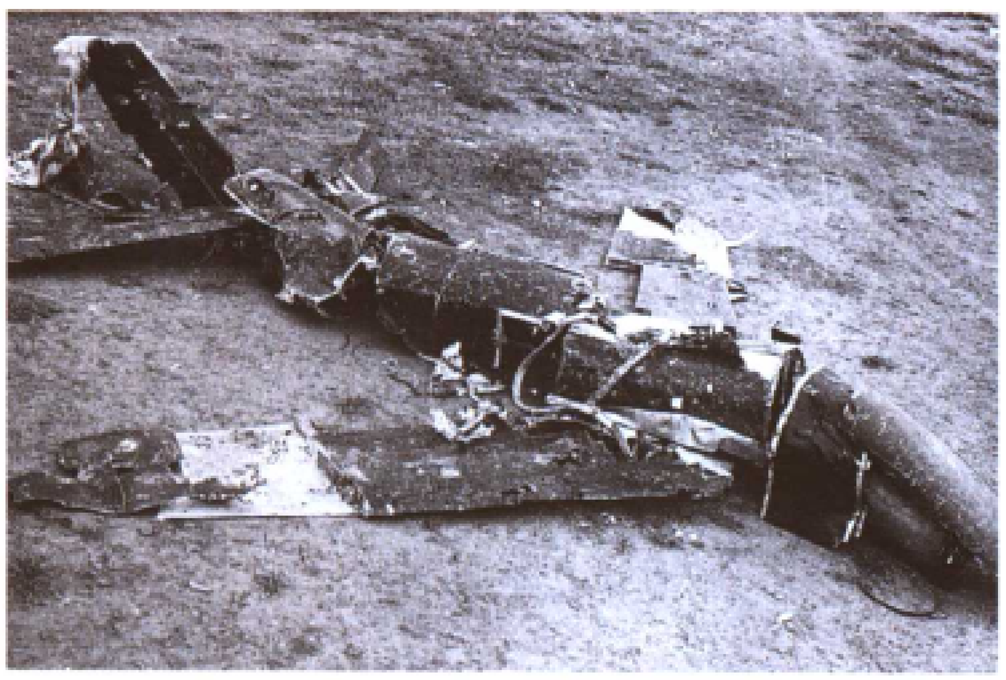
(shooting down invading Foreign unmanned reconnaissance aircraft)　1964年11月15日～1969年10月28日，中国人民解放军空军航空兵、地空导弹兵部队先后击落入侵中国领空的美国无人驾

驶高空侦察机17架的作战行动。1964年8月29日，美国无人驾驶高空侦察机首次入侵中国领空，至1972年，空军雷达部队发现、掌握其入侵101架次。该机体积小、重量轻、飞行高度高、航程远、侦察设备好。初期，空军对该型机性能和活动特点掌握不够，多次拦截未获战果。经认真总结经验教训，调整部署，配备精干作战分队和指挥保障班子，反复演练打无人机技术、战术和协同动作，作战能力有很大提高。1964年11月15日，空军航空兵部队在广东雷州半岛上空首次击落美国无人驾驶侦察机。至1969年10月28日，空军共击落美国无人驾驶侦察机17架，其中航空兵部队击落14架，地空导弹部队击落3架(见表)。

(倪　智)

空军部队击落入侵的外国无人驾驶侦察机一览表

序号	时间	参战队伍	参战人员	作战地区
1	1964.11.15	航空兵第1师	徐开通	广东遂溪
2	1965.01.02	航空兵第1师	张怀连	广西吴圩
3	1965.04.03	航空兵第18师	董小海	广西吴圩
4	1965.04.18	航空兵第1师	张怀连	广西吴圩
5	1965.12.24	航空兵第1师	朱以隆	云南蒙自
6	1966.01.03	航空兵第3师	鲁祥孝	云南蒙自
7	1966.02.07	航空兵第3师	冯全民	云南蒙自
8	1966.03.05	航空兵第9师	孙孝庆	广西吴圩
9	1966.03.23	航空兵第9师	朱以隆	云南蒙自
10	1967.04.29	航空兵第18师	张金堂	广西吴圩
11	1967.06.12	航空兵第3师	刘光才	广西东兴
12	1967.09.17	地空导弹第3营		云南蒙自
13	1967.09.17	航空兵第3师	韩永武、周永成	云南蒙自
14	1968.03.07	航空兵第3师	江文兴、王志跃	云南蒙自
15	1968.03.15	航空兵第3师	张恩华、王志信	云南蒙自
16	1968.03.22	地空导弹第2营		广西宁明
17	1969.10.28	地空导弹第6营		广西武鸣



无人驾驶侦察机残骸

Jinghai Diqu Jiluo RF-101 Feiji Zhandou

靖海地区击落RF-101飞机战斗 (Jinghai, Shooting down a RF-101 Aircraft over)　1965年3月18日，中国人民解放军空军第18师在广东省靖海地区击落台湾当局空军RF-101型侦察机的空中作战。当日9时44分，台湾当局空军2架RF-101型侦察机从桃园机场起飞入窜大陆。10时12分，驻广东兴宁机场的空军第18师副师长沈科令第54大队副大队长高长吉驾驶歼-6型飞机起飞待战。10时23分，警戒雷达发现目标。指挥员判断敌机可能从靖海方向窜入大陆侦察汕头机场，令高长吉从待战空域出航，高度11 000米。10时34分，2架敌机从靖海方向窜入大陆，时速1 000千米，高度8 500米，并继续升高。10时35分，敌机发现被拦截，遂放弃侦察，企图从海上逃离。高长吉打开加力，以最大速度追上后面1架敌机，距离600米时3炮齐发，敌机凌空爆炸，台湾当局空军中校飞行员张育保跳伞坠海。当天，国防部发布嘉奖令予以表彰。空军发贺电称赞战斗情报保障好，指挥决心好，领航引导好，空中动作好。24日，总参谋长罗瑞卿接见参战人员。高长吉荣立一等功。

(倪　智)

Jiluo RA-3D Feiji Zhandou

击落RA-3D飞机战斗 (RA-3D Aircraft, Shooting down a)　1965年10月5日，中国人民解放军空军第9师在广西凭祥地区击落美军RA-3D型侦察机的空中作战。当日11时47分～12时43分，美军出动飞机3批13架次4次入侵广西凭祥、宁明地区进行侦察。12时18分，驻广西吴圩机场的空军第9师第25大队副中队长张运宝等4人驾驶歼-6型飞机4架到龙州地区上空待战。12时31分，美军1架RA-3D型侦察机从隘店附近侵入中国领空，高度10 000米，深入中国领空30千米。地面指挥员命令张运宝等4机投掉副油箱，增速爬高，争取战术优势。12时36分，张运宝报告在右前上方5千米处发现RA－3D型侦察机。地面指挥员下令实施攻击。张运宝4机轮番攻击，击落美机。此战，在敌机快进快出、作战时机短暂的情况下将其击落，是一次成功的反擦边窜扰空战。张运宝荣立一等功。

(倪　智)

Jiluo A-3B Feiji Zhandou

击落A-3B飞机战斗 (A-3B Aircraft, Shooting down a)　1966年4月12日，中国人民解放军空军第26师在广东雷州半岛上空击落美国海军A-3B型攻击机的空中作战。当日下午，空军防空警戒雷达发现1架大型飞机侵入广东省雷州半岛上空。驻遂溪机场空军第26师飞行员杨建全、李来喜分别驾驶歼－6型飞机起飞拦截。升空后飞行员在飞机左下方距离9千米处发现目标，由于歼-6型飞机速度过大，杨、李双机瞬间冲了过去，丢失目标，长、僚机散队。经地面引导，僚机飞行员李来喜再次发现目标。为查明该机国籍及型号，李来喜3次逼近目标观察。当确认为入侵美国军用飞机后，李来喜在距离目标300米处进行攻击，发射炮弹190多发，敌机中弹起火。李脱离后再次进入攻击，直到敌机坠海才返航。后查明该机为美国海军A-3B重型攻击机。当日，国防部发布嘉奖令，表扬空军部队打得好。16日，空军在遂溪举行祝捷授奖大会。

(倪　智)

Jinjiang Diqu Jiluo F-104G Feiji Zhandou

晋江地区击落F-104G飞机战斗 (Jinjiang, Shooting down a F-104G Aircraft over)　1967年1月13日，中国人民解放军空军第24师在福建晋江地区击落台湾当局空军F-104G型战斗机的空中作战。当日13时1分，台湾当局空军1



观看击落F－104G飞机的记录

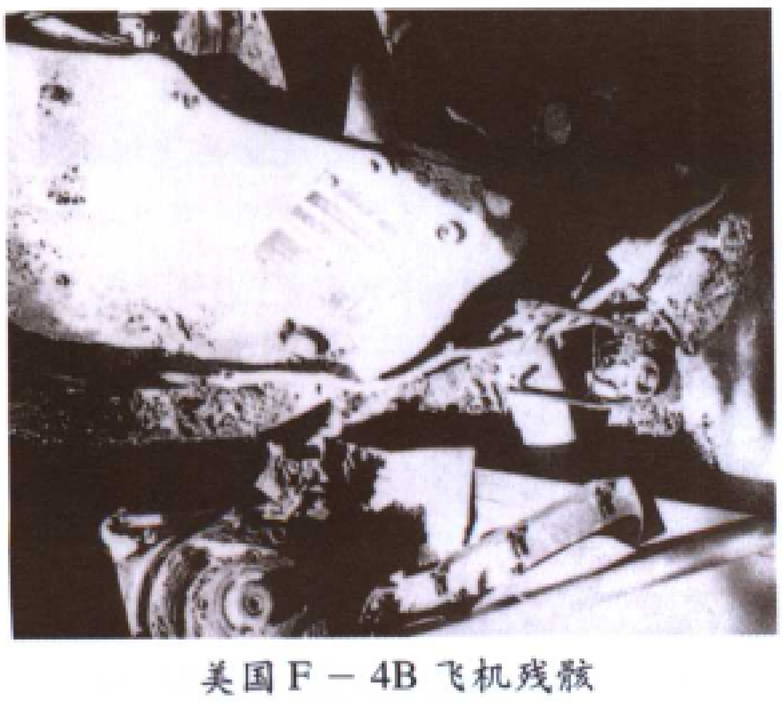
架RF－104型侦察机，在4架F－104G型战斗机间接掩护下，从福建省厦门窜入大陆上空，至漳州以北地区进行侦察，高度11 000米，时速2 000千米。驻漳州机场的空军第24师第70大队先后起飞歼－6型飞机2批8架拦截。同时驻福州、漳州的航空兵部队起飞歼－5型飞机3批12架配合作战。在地面领航员董福成引导下，飞行员胡寿根驾驶歼－6型飞机大速度接敌，斜对头拦阻射击，发射炮弹48发，击落F－104G型战斗机1架。当日，中央军委发布嘉奖令，表彰作战有功部队。空军给胡寿根、董福成各记一等功1次。

（倪　智）

Kong-Pao Xietong Jiluo F-4B Feiji Zhandou

空炮协同击落F－4B飞机战斗 (F-4B Aircraft through Air-Artillery Coordination, Shooting down a) 1967年4月24日，中国人民解放军空军航空兵和高射炮兵协同作战，在广西板兴地区击落美国2架F－4B型战斗机的作战行动。当日下午，美国海军航空兵出动战斗机50余架袭击越南北方。17时许，2架F－4B型战斗机侵入中国广西板兴地区上空，深度20千米，宽度15千米。其中1架被空军高射炮兵第10师第30团3营击落，另1架投掉副油箱和火箭架企图逃离。在地面指挥所引导下，担负空中巡逻警戒任务的空军第26师第78大队中队长宋义民等驾驶歼－5型飞机4架进行截击。F－4B型战斗机急剧进行航向、高度机动，企图摆脱，宋义民等紧追不舍。距敌机400米时，宋义民开炮将其击落。此战，历时3分35秒，击落美机2架。4月25日，中央军委发布嘉奖令，表扬参战部队指挥正确，密切协同，打得好。5月5日，空军给飞行中队长宋义民、高射炮兵连长吕尚华分别记一等功1次。

（倪　智）



美国F－4B飞机残骸



击落A－6A飞机后交流经验

Jiluo A-4B Feiji Zhandou

击落A－4B飞机战斗 (A-4B Aircraft, Shooting down an) 1967年5月1日，中国人民解放军空军高射炮兵第10师在广西东兴地区击落2架美国海军A－4B型舰载攻击机的作战行动。当日12时38分，美国海军A－4B型舰载攻击机3架低空侵入中国广西峒中地区上空。12时38分33秒，空军高射炮兵第10师第30团2、3营，第28团2个高射机枪连进入一等战备。当前边1架A－4B型飞机距离高射炮阵地3千米时，7个连同时开火，将其击落。12时53分20秒，又转移火力射击第3架A－4B型飞机，5个连开火，再次击落美机。此战，历时55秒，发射37毫米高射炮弹1 144发，14.5毫米高射机枪弹5 901发，击落美机2架。当日，中央军委发布嘉奖令，表彰参战部队。5月5日，空军首长签署命令，给参战部队及个人分别记功。

（倪　智）

Jiluo A-6A Feiji Zhandou

击落A－6A飞机战斗 (A-6A Aircraft, Shooting down an) 1967年8月21日，中国人民解放军空军第18师在广西板兴地区击落2架美国海军A－6A型攻击机的空中作战。当日13时10分，2架美海军A－6A型攻击机，从友谊关以东的隘店附近侵入广西东兴地区上空。美机刚入境，预先起飞警戒的空军第18师第52大队4架歼－6型飞机在师指挥所引导下，立即迎击。中队长韩瑞阶、副中队长陈丰霞先后击落美机各1架。美机分别坠毁于东兴县、宁明县境内。美军飞行员3名毙命，1名被俘。此战，在复杂气象条件下的山区上空进行，空战从高度5 000米打到800米，4架飞机在1分30秒内8次进入攻击，5次开炮，将2架美机击落。当日，中央军委发布嘉奖令，表彰他们速战速决的战斗作风。28日，空军给韩瑞阶、陈丰霞分别记一等功1次。

（倪　智）

Ningming Diqu Jiluo Mige-21 Feiji Zhandou

宁明地区击落米格－21飞机战斗 (Ningming, Shooting Down a Mig-21 Aircraft over) 1987年10月5日，中国人民解放军空军地空导弹兵第3团在广西宁明地区击落外国空军侦察机的作战行动。当日14时8～16分，外国空军1架米格－21型侦察机3次侵入中国广西凭祥、宁明地区上空。当该机第3次侵入时，设伏于宁明地区的空军地空导弹兵第3团97营在营长逯军营指挥下，将其击落。该机坠于广西龙州县鸭水滩附近

飞行员跳伞后被俘。7日，空军授予该营“神威导弹营”荣誉称号。9日，中央军委对该营通令嘉奖。

（陆文至）

外国空军军史

Chaoxian Kongjun

朝鲜空军 (Democratic People's Republic of Korea, Air Force of the) 朝鲜民主主义人民共和国人民军军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战、空袭、空降、空中侦察等任务。1945年9月，成立航空协会。1948年2月，建立朝鲜人民军航空队，隶属于平壤学院。1949年1月，航空队扩编为独立的飞行联队，12月改称航空师。1950年6月朝鲜内战爆发时，航空部队



空军飞机机徽

兵力2 000余人，飞机150架。战争初期损失较大。10月，与中国人民志愿军空军组成中朝空军联合司令部，在苏联空军的协同和支援下，与以美国为首的“联合国军”空中力量作战。1955年5月，成立独立空军。80年代以来，调整作战体制，将全国划分为3个作战区域，下设3个地区司令部。陆续从苏联引进苏－25、米格－23、米格－29型等作战飞机，SA－5等型地空导弹。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻平壤。下辖西北、东北、南部3个地区司令部。空军司令是空军最高指挥官。部队体制为航空兵师、团、大队、中队，防空师、旅、团、营、连。截至2001年，空军兵力8.6万人，占武装力量总兵力的7.9%。编有6个航空兵师，其中3个作战航空兵师，2个运输航空兵师，1个训练航空兵师。装备各型飞机1 260余架，其中作战飞机621架，主要为歼－5、歼－6、歼－7、米格－23、米格－29、苏－25、轰－5等机型，机载武器为AA－2、AA－7等型空空导弹，AS－7、AS－14、AS－16、AS－2等型空地导弹。运输机300余架，武装直升机24架，还有运输直升机、教练机等。地面防空部队编有4个地空导弹旅，4个独立地空导弹团，3个高射炮师，3个高射炮(机枪)旅，2个独立高射炮团，装备SA－2、SA－3、SA－5、SA－7、SA－14、SA－16等型地空导弹，37、57、85、100毫米高射炮。

（王福玲）

Hanguo Kongjun

韩国空军 (Republic of Korea, Air Force of the) 韩国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负空中进攻、夺取制空权、防空、空中阻滞、支援陆海军作战等任务。1947年11月，成立航空建设协会，隶属于陆军。1948年2月，成立航空兵训练所，4月成立航空队。1949年6月，改称航空局。10月，航空局脱离陆军，成为独立空军。1950年5月，空军兵力2 480人，飞机33架。朝鲜战争爆发后，韩国空军接受美国援助，进行扩充。战后，进入恢复发展阶段，基本建成作战、教育训练和后勤支援系统，作战飞机开始实现喷气化。60年代进行扩编，逐步装备F－86D、F－5A和F－4D型战斗机。80年代装备F－5E/F、F－16型战斗机，自动化防空警戒系统正式运



空军飞机机徽

行。1991年7月，陆军防空炮兵司令部及所属部队划归空军建制，形成雷达、飞机、地空导弹(高射炮)一体化防空体系。90年代，从美军接收作战指挥权，武器装备也得到较大发展，首架自制KF－16型飞机出厂，F－16型战斗机装备AIM－120型先进中距空空导弹，从法国采购“西北风”式地空导弹。2002年选用F－15K新一代战斗机。

空军总部是空军最高行政机构，驻汉城。下辖作战司令部、军需司令部、教育司令部及若干直属部队。空军参谋总长是空军最高指挥官。作战部队隶属于作战司令部，下辖战斗飞行团、防空炮兵司令部、特种作战司令部，战术空运团、训练飞行团、防空管制团。战斗飞行团是空军基本战术部队，编有若干个飞行大队；战术空运团编有若干个救护大队和空运大队，装备救护机和运输机；防空管制团是空军雷达部队，编有10余个管制大队，管辖分布各地的空军雷达站和导航台。防空炮兵部队隶属于防空炮兵司令部，编有防空旅，下辖若干地空导弹营或高射炮营。截至2001年，空军兵力6.3万人，占武装力量总兵力的9.2%。编有9个战斗飞行团、1个战术空运团、1个防空管制团、1个训练飞行团、1个混成飞行团。装备各型飞机1 090架，其中作战飞机647架，主要为F－16C/D、F－5E/F、F－4D/E、A－37B等机型，机载武器为AIM－7、AIM－9、AIM－120等型空空导弹，AGM－45、AGM－65、AGM－78、AGM－88等型空地导弹。侦察机34架，运输机29架，直升机12架，教练机148架，无人驾驶航空器100余架。地面防空部队编有3个旅，装备“奈基－大力神”、“霍克”、“标枪”、“西北风”式地空导弹，20、25、40毫米高射炮。

（王福玲）

Menggu Guotu Fangkongjun

蒙古国土防空军 (Mongolian Air Defense Force) 蒙古国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空和支援地面部队作战等任务。1925年5月25日，蒙古从苏联接受一批飞机，并将该日定为空军建军节。1929年，第一支蒙古航空兵部队编入蒙古人民军序列。1933年开始组建航空兵旅。1938年，拥有歼击、强击、轰炸、运输等型飞机450架。1939年，参加哈拉哈河战役空中作战。1945年，协



航空兵飞机机徽

助苏联空军实施远东战役空中作战。第二次世界大战后多次裁军，缩编为一个混合航空兵团。1956年7月，取消航空兵作战部队，改称民用航空运输管理局。1964年8月10日，在苏联援助下组建国土防空军，随即组建独立防空火箭营和独立雷达营。1965年9月，独立雷达营开始担负任务。

10月20日，独立防空火箭营正式担负首都乌兰巴托的防空作战任务。1970年，组建第二个防空火箭营，同时着手恢复空军作战部队。1976年，在国防部成立空军指挥部，并组建歼击机大队，装备10架米格－15型飞机。1979年，扩编为团，装备米格－21型飞机。80年代，相继组建武装直升机大队和边防军飞行大队。1991年5月，空军、防空军合并为国土防空军，司令部驻乌兰巴托。其力量构成包括：防空火箭兵、高射炮兵、航空兵、雷达兵和支援保障分队等。最大建制单位为团。截至2001年，国土防空军兵力1 500人。编有中央防空指挥所，2个雷达团、1个独立高射炮团、1个航空兵团、1个防空火箭团。装备作战飞机37架，主要为米格－21型飞机。地面防空部队装备SA－7型地空导弹，23、57毫米高射炮，14.5毫米高射机枪。 （王福玲）

Menggu Kongjun

蒙古空军 (Mongolian Air Force) 见蒙古国土防空军。

Riben Hangkong Ziweidui

日本航空自卫队 (Japanese Air Self-Defense Force) 日本国自卫队的组成部分。实行空防合一体制。主要担负防空、对地(海)支援作战、空降和反空降、航空侦察、空运等任务。

1904年6月，日本陆军组建气球大队。1911年10月，制成第一架飞机。1912年，开始培训飞行人员。1916年4月，海军组建航空队。1919年4月，陆军成立航空队。1921年11月，日本从法国购买飞机制造权，于1922年开始生产飞机。第二次世界大战爆发后，日本从德国引进技术，研制出具有当时世界先进水平的“100”式侦察机和“零”式战斗机。1939年5～9



航空自卫队飞机机徽

月，陆军航空队参加哈拉哈河战役空中作战。1937～1945年日本侵华战争中，日军飞机在中国杭州、武汉、上海、南京等地与中国空军作战，深入中国重庆、昆明、成都、兰州等地实施轰炸，共出动飞机近2.5万架次，空袭1.25万余架次，投弹21.3万多枚，造成中国军民76万多人伤亡。太平洋战争初期，日本海军航空兵空袭珍珠港，重创美军太平洋舰队；在马来亚兰丹海面作战中，夺取了海上制空权；珊瑚海战役空中作战中，日美航空母舰编队首次在远距离上使用舰载机交战；中途岛战役空中作战中，日海军航空母舰兵力损失一半；菲律宾之战中，海军航空母舰特混舰队全军覆没。第二次世界大战结束前，日本海军组建神风特攻队，飞行员驾驶飞机对美军舰船实施自杀性攻击，给美军造成一定损失。日本战败后，被解除武装，取缔一切航空活动。1950年6月，开始恢复民间和军事航空活动。1952年10月，筹建航空学校。1954年7月1日，组建日本航空自卫队。

日本航空自卫队成立后，接收美军装备，组建部队。至1957年底，先后组建第1、第2、第3、第4航空团和航空集团司令部，拥有兵力2.26万人，飞机786架，并在北海道部署F－86F型战斗机。1962年，开始装备国产F－104J型战斗机，并组建第8战斗航空团和第1、第2防空导弹群。70年代，战斗机部队全面换装F－4E/J型战斗机，防空战斗部队换装“奈基”地空导弹，雷达部队开始装备自产三坐标雷达，建立半自动化警戒与指挥控制的“巴其”系统，先后组建第3、第4、第5、第6防空导弹群和西南航空混成团，并着手引进F－15型战斗机。80年代，大规模调整体制编制。先后组建F－1和F－15J型战斗机队各3个，警戒航空队和基地防空群各1个，改编了航空教育队和第83航空队，淘汰F－86F、F－104J型战斗机，对F－4E/J型战斗机进行改装，第3防空导弹群换装“爱国者”导弹，继续采购F－15J型战斗机、E－2C型空中预警机和C－130H型运输机等，实现警戒管制指挥系统自动化。

航空自卫队参谋部是航空自卫队最高行政、指挥机构，驻东京。航空自卫队参谋长是航空自卫队最高指挥官。部队由航空总队、航空支援集团、航空教育集团、补给本部、航空开发实验集团和若干直属部队编成。航空总队司令部(驻府中)是自卫队执行一线作战任务部队的指挥机构。下辖3个航空方面队，1个航空混成团，以及总队司令部飞行队、侦察航空队、防空指挥群、程序管理队、警戒航空队、飞行教导队、防空导弹教导队和情报资料队等。3个航空方面队分别为北部(驻三泽)、西部(驻入间)、中部(驻春日)航空方面队，由若干个航空团、防空导弹群和航空警戒管制团组成。航空支援集团编有运输航空队、航空救难团、航空保安管制群、飞行检查队、航空气象群等，主要负责空运、救护、航空管制和气象预报等作战保障任务。航空教育集团编有训练航空团、飞行教育团、专业技术学校、候补军官学校、航空教育队和器材保障队，主要负责培训飞行员、各类专业技术人员等。补给本部编有补给处(仓库)，负责制订航空自卫队后勤保障计划和实施后勤保障。航空开发实验集团编有飞行开发实验团、电子开发实验群和航空医学实验队，主要负责航空自卫队装备试验、技术鉴定和航空医学研究等。直属部队编制依装备不同而异。

教育训练包括学校教育和部队训练。学校教育分为基础教育、飞行教育和技术教育。其中以飞行教育为重点，飞行学员总飞行时间为395小时；技术教育由5所技术学校担负，每年可培养工程技术、后勤保障、通信与情报、航空警戒与管制等各类学员7 000余名。部队训练主要有飞行训练、过渡训练、改装训练、海上救生训练和各类演习。

截至2001年，航空自卫队兵力4.54万人，占自卫队总兵力的18.9%。编有6个航空团、1个混成团，1个侦察航空队、1个预警航空队、2个电子航空队、1个空战训练航空队、4个运输航空队、1个航空救难团、1个炮校队、2个训练航空团、3个飞行教育团。装备各型飞机约870架，其中作战飞机364架，主要为F－15J/DJ、F－4EJ、F－1、F－2A/B等机型，机载武器为AAM－3、AAM－4、AIM－7E/F/M、AIM－9L等型空空导弹，ASM－1、ASM－2型空地(舰)导弹。侦察、预警机40余架、运输机40余架。地面防空部队编有6个防空导弹群，装备“爱国者”、“81式”、“91式”、“毒刺”式地空导弹，20毫米高射炮。

日本航空自卫队建设重点是更新武器装备，提高质量，加速装备现代化，全面提高防空作战、支援陆海军作战和远程作战能力。 （王福玲）

Shenfeng Tegongdui

神风特攻队 (Kamikaze Suicide Pilots) 太平洋战争后期，日本海军组建的由飞行员驾驶飞机撞击美国海军舰船，实施自杀性攻击的特种航空部队。1944年，日本在太平洋战场上连遭重创，为阻滞美军的海上进攻，决心使用潜艇、快艇和飞机撞击美舰。10月起，日本海军先后组建了“敷岛”、“朝日”、“大和”、“山樱”、“纯忠”、“诚忠”、“忠勇”和“义烈”8支神风特攻队。使用的飞机多数由轻型轰炸机或战斗机改装；少数为专门设计制造，其设备简陋，内装大量炸药，升空后起落架自动脱落。10月22～25日，神风特攻队在莱特湾海战中首次出击，撞沉美海军“普林斯顿”号和“圣路易斯”号2艘航空母舰及3艘驱逐舰。1945年4月，神风特攻队在冲绳岛战役中频繁出击，并首次使用专门为撞击舰船设计的轻型木质结构“樱花”飞机。该机可装载1.2吨炸药，由轰炸机携载，飞抵目标附近后，启动自身火箭发动机，以600千米时速飞向目标。在莱特湾海战和冲绳岛战役中，神风特攻飞机共出动2 550次，其中475次命中目标，撞沉美军包括航空母舰在内的战舰43艘，撞伤各型舰船约370艘。美军为摧毁设在九州的神风特攻队基地，共出动B－29型轰炸机约2 000架次。太平洋战争结束前夕，日本本土共有神风特攻飞机9 000余架，其中5 000余架已改装完毕。日本建立神风特攻队，企图以士兵的生命为代价扭转败局，但最终未能改变失败的命运。 (华人杰 王福玲)

Yuenan Fangkong-Kongjun

越南防空－空军 (Vietnamese Air Defense-Air Force) 越南社会主义共和国人民军军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空、空中进攻、支援陆海军作战和空中运输等任务。1951年3月，越军创办飞行训练班，装备少量初级教练机。1956年9月，总参谋部成立空军局。1958年11月，组建第一个飞行训练团。1960年1月，扩编为航空学校。1963年10月，防空部队和航空兵部队合并为防空－空军。1964年2月，组建第一个战斗飞行团，装备米格－17型飞机。7月，组建第一个航空兵师。抗美救国战争期间，航空兵、地空导弹、高射炮部队共击落美军飞机320架。战后，大规模扩充航空兵部队，进一步完善指挥机构。1976年6月，防空－空军分立为空军和防空军两个独立军种，陶庭练为首任空军司令员兼政治委员。70年代末到80年代中期，空军在苏联的援助下进行大规模换装改进，作战能力得到明显提高。1999年7月14日，空军、防空军再次合并为防空－空军。

防空－空军司令部是防空－空军最高指挥机构，驻河内。防空－空军司令是防空－空军最高指挥官。部队编为航空



空军飞机机徽

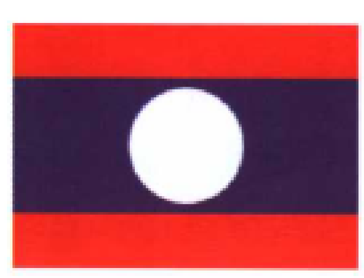
师、防空师。航空师编制5 000人，下辖2～3个飞行团；防空师编制4 200～6 000人，下辖1～4个导弹团、1～2个高射炮团、1个雷达团。截至2001年，防空－空军兵力4.24万人。编有3个航空师、6个防空师、1所航校，共有13个飞行团、17个导弹团、7个高射炮团、6个雷达团。装备各型飞机360架，其中作战飞机198架，主要为米格－21、苏－22、苏－27等机型。机载武器为AA－2、AA－8、AA－10、AA－11等型空空导弹，AS－7、AS－9、AS－10、AS－12等型空地(舰)导弹。运输机28架，武装直升机24架。地面防空部队装备SA－2、SA－3、SA－6、SA－7、SA－16等型地空导弹，37、57、85、100、130毫米高射炮。 (王福玲)

Yuenan Kongjun

越南空军 (Vietnamese Air Force) 见越南防空－空军。

Laowo Kongjun

老挝空军 (Lao Air Force) 老挝人民民主共和国人民军军种之一。主要担负防空和支援地面部队作战等任务。1970



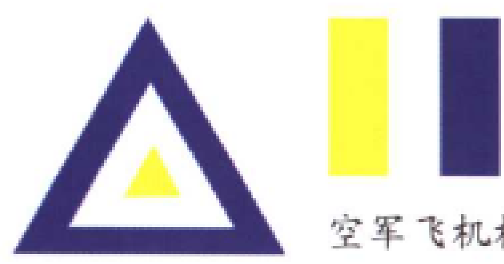
空军飞机机徽

年4月4日，老挝组建第一支飞行部队，该日被定为空军节。1975年8月，老挝人民解放军缴获和接管万象王国空军100余架美式飞机，成立空军指挥委员会，建立独立空军。1976年1月，老挝空军整编，将琅勃拉邦、丰沙湾、沙湾拿吉、巴色和万象空军基地指挥部分别改编为第1、第2、第3、第4、第5军区航空局，下辖基地飞行队和场站，飞行部队改编为飞行大队，直接由空军指挥。80～90年代，进行3次精简整编，撤销军区航空局及飞行大队编制，组建2个飞行团，基地飞行队由8个缩减为2个，在总参谋部设立空军防空局和防空中心，负责空军事务。1993年，撤销空军防空局，2个飞行团改编为独立飞行团，隶属于国防部办公厅，归总参谋部作战局直接指挥。1995年，在总参谋部设立空军局和防空局。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻万象。空军司令是空军最高指挥官。飞行部队编成团、大队、中队。防空部队编成团、营。截至2001年，空军兵力3 000人，占武装力量总兵力的12%。编有1个战斗飞行团、1个运输机团，1所航空学校和空军航空公司。装备各型飞机47架，其中作战飞机12架，主要为米格－21型飞机，机载武器为AA－2型空空导弹。 (王福玲)

Miandian Kongjun

缅甸空军 (Burmese Air Force) 缅甸联邦国防军军种之一。主要担负支援地面作战、空中运输和防空作战等任务。1947年12月15日，成立缅甸志愿空军常备部队，该日被定为空军纪念日。1948年



空军飞机机徽

1月，建立独立空军。1957～1962年，陆续购买国外飞机，部分飞行中队实现装备喷气化。60年代，经过扩编和整编，完善了司令部机关。至1968年底，发展到10个飞行中队，飞机约200架。此后多次对训练体制、空军机关和兵力部署进行调整。90年代，从国外购买230余架飞机，作战能力得到明显提高。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻仰光。空军司令是空军最高指挥官，由国防军副总参谋长兼任。下辖空军基地、空勤训练基地、地勤训练基地、后勤维修基地、空军直属队、雷达部队、空降兵部队。截至2001年，空军兵力2.3万人。编

有5个空军基地、1个航空训练基地、1个地勤训练基地、1个维修基地。装备各型飞机291架，其中作战飞机149架，主要装备歼－7、强－5M、PC－7、PC－9、米格－29等机型。运输机14架、联络机7架、直升机66架。（王福玲）

Taiguo Huangjia Kongjun
泰国皇家空军 (Thai Royal Air Force)
泰王国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负空中支援、防空、空中搜索与救护等任务。1913年，组建陆军航空局。1914年5月27日，组建陆军飞行大队。1918年3月，扩编为陆军飞行团。第一次世界大战后，先后组建航空学校和空中射击学校。1937年4月，成立空军署，空军成为独立军种，称暹罗皇家空军。编有5个飞行大队。1939年10月，改


空军飞机机徽

称泰国皇家空军。1941年太平洋战争爆发后，加入日本军队对美国、英国军队作战，损失惨重。1950年以后，在美国扶持下重建空军。1953年，成立战术空军司令部。1956年，开始装备美制喷气式战斗机。1965～1974年，先后建立起空援作战指挥系统、对空控制和防空警戒系统。1977年10月，撤销战术空军司令部，成立空军执勤中心，飞行部队扩编为11个大队。80年代，引进F－16型战斗机，实现以中央、北部和南部防空区为主的全国防空系统自动化。90年代，改装F－5型战斗机，引进防空导弹和雷达，实现作战指挥系统自动化。

空军司令部是空军最高行政和指挥机构，驻曼谷。下辖作战、训练、支援3个指挥部及空军基地。空军司令是空军最高行政长官和指挥官。作战部队最大建制单位为航空师，下辖2～3个飞行大队。飞行大队编有1～5个飞行中队。飞行中队是基本作战单位。截至2001年，空军兵力4.8万人，占武装力量总兵力的15.7%。编有4个航空师、1个飞行训练学校。装备各型飞机520余架，其中作战飞机159架，主要为F－16A/B、F－5A/B/E/F等机型，机载武器为AIM－9型空空导弹。侦察机3架、运输机28架、直升机42架、教练机165架。地面防空部队装备“吹管”、“星爆”、“阿斯派德”、RBS －70等型地空导弹，30毫米高射炮。（王福玲）

Malaixiya Kongjun
马来西亚空军 (Malaysian Air Force)
马来西亚联邦武装力量军种之一。主要担负防空、支援陆海军作战、提供作战勤务和后勤保障等任务。前身为1958年6月2日成立的马来亚联合邦空军。1963年9月成立马来西亚联邦，改称马来西亚空军。成立初期，组织指挥、行政管理和教育训练等都由以英国为主的外籍人员控制。进入70年代，马空军推行“马来化”，至1975年，军官全部由马来西亚人担任。70年代中期开始，马空军加紧扩编部队，至1989年底，兵力达到1.3万人，拥有飞机250余架。之后，马空军加强质量建设，重点是更新装备，加强训练，陆续从英国、美国、俄罗斯联邦购买“隼”式、F/A－18、米格－29等型战斗机，并引进防空导弹和防空预警系统，组建相关部队。1993年9月，马空军组建空降部队。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻吉隆坡。空军总长是空军最高指挥官。空军司令部以下按照战时和平时分为两个系统。战时系统按照职能划分，下设4个空军师，师下设大队，平时不配备飞


空军飞机机徽

机，战时或执行任务时，根据需要临时部署相关中队；平时系统按照地理位置划分，下设第1空军区(驻关丹)、第2空军区(驻拉布安)，分管西马和东马的各个空军基地。属平时管理编制。空军师和空军区编制等级相同，不存在隶属关系。此外，还下辖空军飞行训练中心(驻亚罗士达)、防空司令部(驻吉隆坡)、空军通信控制中心(驻关丹)。截至2001年，空军兵力1.25万人。编有3个攻击机中队、4个战斗机中队、7个运输机中队，1个侦察机中队。装备各型飞机310余架，其中作战飞机98架，主要为米格－29、F/A－18D、“隼”108/208等机型，机载武器为AIM－7、AIM－9、AA－10、AA－11、AA－12等型空空导弹，AGM－65、AGM－68D等型空地导弹。运输机73架，空中加油机2架。地面防空部队装备“西北风”式地空导弹。（赵德平）

Feilübin Kongjun
菲律宾空军 (Philippine Air Force)
菲律宾共和国武装力量军种之一。主要担负国土防空和国内反暴乱作战任务。1936年，菲律宾自治政府在美国帮助下组建陆军航空队。第二次世界大战前，拥有飞机53架。1941年8月，航空队编入美国远东军。1941年12月，在抗击日本军队的空袭中损失惨重。二战结束后，


空军飞机机徽

在美国帮助下恢复陆军航空队。1947年7月1日，成立独立空军。空军建设各个方面受美军控制。50～60年代，逐步实现战斗机喷气化。1975年，获得美军在越南战争中使用过的大批装备，实力得到明显加强。从80年代末起，菲根据武装部队任务由“安内为主”向“御外为主”的转变，针对菲美军事基地协定解除，不再依靠美国帮助进行防御的情况，加强军队现代化建设，重点加强空军力量建设。

空军司令部是空军最高行政管理和作战指挥机构，驻马尼拉。下辖防空司令部、空军师、后备司令部、直属作战联队和独立合成空中支援部队。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力1.7万人，占武装力量总兵力的15%。编有2个空军师，3个直属作战联队，12个独立的合成空中支援部队。装备各型飞机400余架，其中作战飞机160架。主要为F－5A/B、T－28D、OV－10A等机型，机载武器为AIM－9B、AIM－120、R－550等型空空导弹，AGM－12、AGM－45、AGM－65、CL－834等型空地导弹。运输机122架，武装直升机87架，教练机71架。

（赵德平）

Xinjiapo Kongjun

新加坡空军 (Singapore Air Force)
新加坡共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战等任务。1968年，成立防空指挥



空军飞机机徽

部。1969年，建立首支飞行部队，并建立飞行训练学校。1971年11月，英国皇家空军撤出新加坡，防空指挥部接收丁加和森巴旺机场。1975年陆、海、空三军正式成立后，防空指挥部更名为新加坡共和国空军。此后，陆续购进F-5、C-130、UH-1等型飞机、直升机，“霍克”、“轻剑”、RBS-70等中、近程地空导弹。1987年，建立E-2C空中预警机中队。1988年，购入第一批F-16型战斗机。1991年，成立战术空军支援司令部。1995年，成立防空系统师。随着空军的发展，国内空域无法满足飞行训练的需要，多年来探索并成功实施了飞机赴海外训练的发展道路。

空军总部是空军最高指挥机构，隶属于总参谋部，驻甘柏兵营。下辖空军基地、防空系统师和战术空中支援司令部。空军总长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力7 500人，占武装力量总兵力的10%。编有丁加、巴耶利巴、樟宜、森巴旺、实里达5个空军基地，下辖17个飞行中队；战术空中支援司令部下辖1个无人侦察机中队。装备各型飞机330架，其中作战飞机113架，主要为F-16A/B/C/D、F-5S/F、A-4SU等机型，机载武器为AIM-7P、AIM-9N/P型空空导弹，AGM-45、AGM-65B/G、AGM-84型空地（舰）导弹。地面防空部队编有1个防空系统师，主要装备改进型“霍克”、SA-18、RBS-70、“轻剑”Ⅱ和“西北风”式地空导弹，“厄立孔”35毫米高射炮。 （赵德平）

Yindunixiya Kongjun

印度尼西亚空军 (Indonesian Air Force)
印度尼西亚共和国武装力量军种之一。主要担负国土防空、支援陆海军作战、空运和勤务保障等任务。1946年4月9日成立。1950年2月，建立武装部队总参谋部，下设空军参谋部。6月，利用荷兰殖民者留下的飞机装备2个作战中队。1955年，扩编为1个混合大队，下辖5个中队和1个空运队。1958～1960年，从国外购买200多架飞机，空军实力得到增强。1965年9月，苏哈托执政，该政府与苏联、东欧国家脱离关系，购自这些国家的飞机几乎全部停飞，空军建设遭受挫折。70年代末，从美国购买F－5、A－4等型飞机，空军得以进行现代化建设。80年代中期，进行大规模整编，基本确定了现行规模和体制。

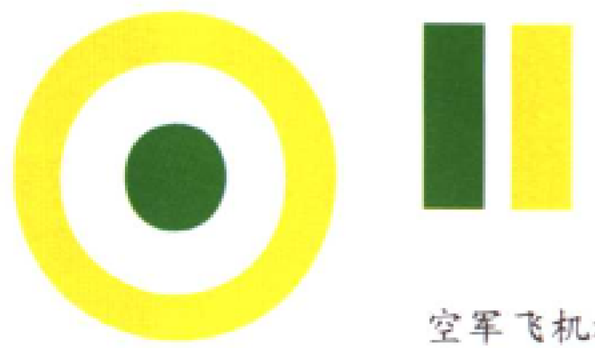


空军飞机机徽

空军总部是空军最高指挥机构，驻雅加达。空军参谋长是空军最高指挥官。空军总部下辖第1作战司令部(驻雅加达)、第2作战司令部(驻乌戎潘当)、防空司令部、训练司令部、装备维修司令部，特种部队总队和2所空军院校。作战司令部下辖的空军基地是作战司令部的基本单位。基地下辖中队。截至2001年，空军兵力2.7万人，占武装力量总兵力的9%。编有5个战斗攻击机中队，1个战斗机中队，1个侦察机中队，1个海上侦察机中队，4个运输机中队，3个直升机中队，3个教练机中队。装备各型飞机330余架，其中作战飞机104架，主要为A－4、F－16A/B、“隼”100/200/109/209、F－5E/F等机型，机载武器主要为AIM－9L/P型空空导弹，AGM－12、AGM－45、AGM－122等型空地导弹。空中加油机、运输机、勤务飞机60余架，教练机约80架。地面防空部队装备“轻剑”、RBS－70、“毒刺”、“西北风”式地空导弹。 （赵德平）

Yindu Kongjun

印度空军 (Indian Air Force)
印度共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负空中进攻、空中机动、防空作战等任务。1932年10月8日，成立印度皇家空军，受英国人控制。1942年进驻缅甸，配合英国皇家空军对日作战。1947年6月印巴分治。8月15日，印度宣布独立，从印度皇家空军中继承7个战斗机中队、1个运输机中队，接收飞机200余架。同年爆发第一次印巴战争，印空军担负紧急空运任务。战后，成立训练司令部和空军院校。1954年4月1日，印度正式从英国人手中接过指挥权，走上独立发展道路。1955年成立保养司令部。1962年边境作战期间，印空军主要担负空运和救护任务。战后，印军开始大规模军备建设，空军得到较大发展，中队数量由36个增至45个，武器装备建设方面，除引进国外飞机外，开始在国内仿制和自行研制战斗机。1965年9月爆发第二次印巴战争，印空军主要遂行支援地面作战任务。1971年11～12月参加第三次印巴战争空中作战。战后，进行武器装备更新换代，加快现代化建设步伐。80年代进行全面换装，从苏联、英国、法国等国大量购进米格－29、“美洲虎”、“幻影”2000等先进战斗机，淘汰第一代喷气式战斗机，改善空军力量结构。冷战结束后，印空军突出“稳定数量，提高质量”的建军思想，引进苏－30MK、C-300等先进飞机和防空武器，对现役作战飞机进行现代化改造，自行研制作战飞机和空空、地空导弹，提高了武器装备现代化水平。



空军飞机机徽

空军司令部是空军最高指挥机构，驻新德里。空军参谋长是空军最高指挥官。空军司令部下辖训练司令部(班加罗尔)、保养司令部(那格普尔)和东部(西隆)、中部(阿拉哈巴德)、西部(巴兰)、西南(左德普尔)、南部(特里凡特琅)5个地区司令部。作战部队主要由飞行、导弹、雷达部队组成。联队为最大建制单位，分为飞行联队和导弹联队。联队下辖若干中队，中队为空军基本作战单位。截至2001年，空军兵力13.3万人，占武装力量总兵力的10.7%。编有39个飞行联队，6个防空导弹联队、22个雷达中队。装备各型飞机1 380架，其中作战飞机874架，主要为米格－21、米格－23、米格－25、米格－27、米格－29、苏－30、“幻影”2000、“美洲虎”等机型，机载武器为

AA-7、AA-8、AA-10、AA-11、R-550、"阿斯特拉"、AIM-9L等型空空导弹，AS- 7、AS-11B、AS-12、AS-17、AS-30、"海鹰"、AM-39等型空地导弹。运输机约200架，直升机、教练机等312架。地面防空部队装备SA-2、SA-3、SA-5、SA-6、SA-7、SA-8、SA-9、"罗兰"、"山猫"、"三叉戟"、"天空"等型地空导弹。 （赵德平）

Sililanka Kongjun

斯里兰卡空军 (Sri Lanka Air Force)
斯里兰卡共和国武装力量军种之一。前身为锡兰皇家空军，1950年10月10日成立。初期由英国皇家空军军官任总司令。1972年，锡兰改国名为斯里兰卡共和国，空军改称现名。空军司令部是空军最高指挥机构，驻科伦坡。空军司令是空军最



空军飞机机徽

高指挥官。截至2001年，空军兵力1万人，占武装力量总兵力的8.1%。编有1个战斗攻击机中队、1个战斗机中队、1个攻击直升机中队、1个飞行训练联队、1个运输机联队。装备各型飞机110余架，其中作战飞机27架，主要为"幼狮"C2/TC2等机型。攻击直升机20架，运输机30架。 （赵德平）

Bajisitan Kongjun

巴基斯坦空军 (Pakistan Air Force)
巴基斯坦伊斯兰共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战、空中侦察、空运、空降等任务。1947年6月印巴分治后，8月14日巴基斯坦宣布独立，成立皇家空军，从印度皇家空军中继承了3个中队和5个空军基地。初期由英国军官担任司令。1956年3月23日，巴基斯坦宣布成立伊斯兰共和国，皇家空军改称巴基斯坦空军。1957年7月，从英国人手中接过指挥权。在1965年9月第二次印巴战争中，巴空军以少胜多，为纪念胜利，将9月7日定为空军节。1971年12月，巴空军参加第三次印巴战争。

空军司令部是空军最高指挥和管理机构，驻拉瓦尔品第。下辖空军3个地区空军司令部和1个防空司令部。空军参谋长是空军最高指挥官。北方(驻白沙瓦)、中央(驻萨尔哥达)、南方(驻卡拉奇)3个地区空军司令部，分别负责区内基地和联队的行政管理和作战指挥，对区内的



空军飞机机徽

陆军实施空中支援。防空司令部(驻拉瓦尔品第)负责国家领空安全和空中防御事务，指挥空军遂行防空任务，并协调陆、海军防空部队的作战行动。空军基地是隶属于空军地区司令部的一级行政管理机构，平时负责所辖联队的行政管理，分为大型基地、前方基地和辅助基地3类。其中大型基地7个，担负平时和战时的勤务保障，下辖作战、保养和行政管理3个联队。联队为最高建制作战单位，下辖中队。截至2001年，空军兵力4.6万人，占武装力量总兵力的7.3%。编有7个作战飞行联队，1个运输联队。装备飞机600余架，其中作战飞机353架，主要为歼-6、歼-7、F-16、"幻影"Ⅲ、"幻影"Ⅴ等机型，机载武器主要为AIM- 7、AIM- 9、R-550等型空空导弹，AGM-65、AGM-80、AS-30等型空地导弹。地面防空部队编有7个地空导弹中队，装备"响尾蛇"、SA-2型地空导弹。

（赵德平）

Afuhan Kongjun

阿富汗空军 (Afghan Air Force)
阿富汗伊斯兰共和国武装力量军种之一。1924年，在苏联和英国的帮助下组建航空兵，建立基地、修建机场，派学员到苏联和意大利学习飞行和指挥。1929年1



空军飞机机徽

月，航空兵的15架飞机全部在内战中损毁。1937年，陆续向苏联和西方国家购买飞机，派人到国外受训，逐步形成规模。1979年12月以后，在苏联帮助下规模逐渐壮大，兵力达到5 000人，各型飞机300多架。1989年苏军从阿富汗撤离后，阿空军拥有飞机267架，其中作战飞机193架，武装直升机74架，开始担负保卫首都喀布尔和支援地面部队作战的任务。1996年，塔利班夺取政权。截至2001年，塔利班掌握数十架战斗机、运输机和直升机。2001年10月，美、英等国对阿富汗发动反恐怖战争，塔利班的空中力量全部被摧毁。

（赵德平）

Yilang Kongjun

伊朗空军 (Iranian Air Force)
伊朗伊斯兰共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空和支援地面作战任务。1922年，伊朗帝国成立陆军航空局。1932年升格为帝国空军司令部，下辖1个混合联队，1个飞机修配厂，1所飞行学校，1所空中观察员学校和1所航空机务学校。1941年8月，英国、苏联军队联合向亲德国的伊朗发动进攻，伊空军遂行了空中截击和支援地面军队作战等任务。1943年9月，伊对德宣战后，伊空军进行改组，重组1个轰炸机团和1个侦察机团。第二次世界大



空军飞机机徽

战后，从美国购买飞机，并派人赴美进行飞行训练。60年代，开始装备喷气式飞机，空军获得较快发展。1978年，拥有兵力10万人，作战飞机340余架。1979年，伊朗建立伊斯兰共和国。由于宗教领袖霍梅尼对旧军队进行大规模清洗，加之美国实施禁运，空军建设遭到严重削弱。1980～1988年，参加两伊战争空中作战。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻德黑兰。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力4.5万人(其中防空部队1.5万人)，编有9个战斗攻击机中队、7个战斗机中队、1个侦察机中队、1个加油/运输机中队、5个运输机中队、若干个防空导弹中队。装备各型飞机540余架，其中作战飞机283架，主要为米格-29、

F−14、F−4、F−5、苏−24、苏−25、“幻影”F1等机型，机载武器主要为AIM−7、AIM−9、AIM−54型空空导弹，AGM−65、AS−10、AS−11、AS−14、C−801等型空地导弹。地面防空部队主要装备“霍克”、“轻剑”、“山猫”、“毒刺”、SA−7等型地空导弹。（赵德平）

Yilake Kongjun

伊拉克空军 (Iraqi Air Force) 伊拉克共和国武装力量军种之一。主要担负防空作战、反暴乱作战、支援阿拉伯国家对以色列作战等任务。1931年，建立伊拉克皇家空军。至1940年，先后组建6个飞行中队。第二次世界大战期间，国内发生动荡，英国实施干预，空军遭受严重挫折。战后，从国外购进飞机，恢复空军。1958年7月，伊拉克建立共和国，在革命指挥委员会领导下成立总参谋部和陆、海、空三军司令部。60年代，按照苏联顾问制定的训练方法、作战原则，组建苏制飞机中队，同时保留英制飞机中队。1973年10月，派飞机参加第四次中东战争空中作战。70年代，在苏联和法国的帮助下，作战飞机数量迅速增加。1980～1988年，参加两伊战争空中作战。战后，伊拉克空军又有新的发展。1991年海湾战争前，实行空防合一体制，共有作战飞机700余架。战争中，除少数飞机升空作战外，大部分被摧毁于地面或逃往伊朗。战争结束后，防空军从空军中分立出来，建立独立的防空司令部，下设北部、东部、南部、西部4个地区性司令部。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻巴格达。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力3万人，占武装力量总兵力的7%。装备各型飞机近500架，其中作战飞机316架。主要为米格−23、米格−25、米格−29、“幻影”F−1等机型，机载武器为AA−2、AA−6、AA−



空军飞机机徽

7、AA−8、AA−10、R−530、R−550等型空空导弹，AS−11、AS−12、AS−30L、C−601等型空地(舰)导弹。地面防空军兵力1.7万人，占武装力量总兵力的4%。装备SA − 2、SA − 3、SA − 6、SA − 7、SA − 8、SA − 9、SA − 13、SA − 14、SA − 16型，“罗兰”、“阿斯派得”式地空导弹，23、37、57、85、100、130毫米高射炮。

2003年3月20日，美、英等国发动伊拉克战争，萨达姆政权被推翻，伊空军消亡。（赵德平）

Shate Alabo Huangjia Kongjun

沙特阿拉伯皇家空军 (Saudi Arabian Royal Air Force) 沙特阿拉伯王国武装力量军种之一。主要担负保卫领空和协助陆海军作战等任务。1923年，在英国帮助下建立一支小型航空兵部队，支援地面部队平叛作战。60年代，主要引进英制装备。70年代，开始从美国引进装备。80年代，组建F − 15型战斗机中队和E − 3A型空中预警机中队，实力明显加强。1991年海湾战争中，派出216架作战飞机参加“沙漠风暴”行动。



空军飞机机徽

空军司令部是空军的最高指挥机构，驻利雅得。截至2001年，空军兵力2万人，占武装力量总兵力的15.8%。编有4个攻击机中队、9个战斗机中队、1个空中预警机中队、2个改装训练中队、3个运输机中队、2个直升机中队。装备各型飞机550多架，其中作战飞机348架，主要为F−5E、“狂风”IDS、“狂风”ADV、F−15C/D/S等机型，机载武器主要为“天空闪光”、AIM−9J/L/P、AIM−7F等型空空导弹，AGM−65、“海鹰”、“阿拉姆”式空地导弹。防空军兵力1.6万人，编有33个地空导弹连，装备改进型“霍克”、“夏安”、“响尾蛇”式地空导弹，20、30、35、40毫米高射炮。

（王寿沛）

Xuliya Kongjun

叙利亚空军 (Syrian Air Force) 叙利亚共和国武装力量军种之一。主要担负夺取制空权和支援地面部队作战等任务。1946年4月成立，装备少量通信联络机和教练机。第一次中东战争后，叙加紧空军建设，开始从西方国家和苏联购买飞机。1956年10月第二次中东战争中，叙空军27架购自苏联的飞机在埃及组装时被英、



空军飞机机徽

法空军摧毁于地面。战后，在苏联帮助下，得到恢复发展。1967年6月，参加第三次中东战争空中作战，半数飞机被以色列空军摧毁于地面。战后，继续依靠苏联支持，扩建空军部队。1973年10月，参加第四次中东战争空中作战，损失飞机130多架。战后，陆续从苏联补充作战飞机200余架，逐步实现装备现代化。1982年6月，在以色列入侵黎巴嫩战争中，与以空军展开贝卡谷地空中作战，损失飞机84架。此后，经过20年的发展，叙空军成为中东地区装备先进、规模较大的空中力量。

空军参谋部是空军最高指挥机构，驻大马士革。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力4万人，占武装力量总兵力的12.5%。编有9个攻击机中队、17个战斗机中队。装备各型飞机850余架，其中作战飞机589架，主要为米格−21、米格−23、米格−25、米格−29、苏−22、苏−24等机型，机载武器为AA−2、AA−6、AA−7、AA−8、AA−10等型空空导弹，AT−2、AS−7、AS−12等型空地导弹。运输机25架，侦察机14架，武装直升机87架。防空军司令部是防空军的最高指挥机构。防空军兵力约6万人，占武装力量总兵力的18.7%。编有25个防空旅、2个独立地空导弹团，装备SA−2、SA−3、SA−5、SA−6、SA−8型地空导弹，发射架900多部，高射炮4 000门。（王寿沛）

Yuedan Huangjia Kongjun

约旦皇家空军 (Jordanian Royal Air Force) 约旦王国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空和支援地面部队作战任务。组建于1949

年，称阿拉伯军团空军，装备1架轻型运输机。后在英国皇家空军帮助下逐步得到发展。1956年，改称约旦皇家空军。空



空军飞机机徽

军司令部是空军最高指挥机构，驻安曼。截至2001年，空军兵力1.5万人(其中防空部队3 400人)，占武装力量总兵力的15%。编有4个攻击机中队、2个战斗机中队、1个运输机中队、3个直升机中队、3个教练机中队。装备各型飞机220余架。其中作战飞机101架。主要为F-5、“幻影”F-1EJ、F-16A/B等机型，机载武器为AIM-9、R-530、R-550等型空空导弹，“陶”式、AGM-65D型空地导弹。地面防空部队编有2个防空旅，辖14个地空导弹连，装备“霍克”地空导弹发射架80部。 (王寿沛)

Libanen Kongjun

黎巴嫩空军 (Lebanese Air Force) 黎巴嫩共和国武装力量军种之一。主要任务是维持国内安全。1949年在英国皇



空军飞机机徽

家空军顾问帮助下建立。空军司令部是空军最高指挥机构，驻贝鲁特。截至2001年，空军兵力1 000人，占武装力量总兵力的13.9%。装备教练机8架、直升机30架。 (王寿沛)

Yiselie Kongjun

以色列空军 (Israeli Air Force) 以色列国国防军军种之一。实行空防合一体制。主要担负空中进攻、防空、支援地面部队作战、空中侦察、空中运输等任务。1947年联合国通过巴勒斯坦分治方案后，犹太复国者建立一支航空分队，装备10余架轻型飞机。1948年5月15日，以色列建国，随即爆发第一次中东战争。以在战争中紧急组建空军领导机构，购买飞机、招募人员。5月26日，正式成立空军。战争结束时，已有各型飞机250余架。50年代，先后向英、法等国购买性能先进的喷气式飞机，并完成由防御性空军向进攻性空军的转变。20世纪60年代中期，航空武器装备更新换代，成为一支以法制飞机为主体的装备先进、训练有素的空中力量。1967年6月，参加第三次中东战争空中作战。战后，法国对以实行武器禁运，以开始进口美制飞机并研制国产飞机，加速航空武器装备的现代化进程。1973年10月，参加第四次中东战争空中作战。战后，以空军加强现代化建设，从



空军飞机机徽

美国引进F－15、F－16型战斗机和E－2C型空中预警机等先进装备，作战能力进一步提高。1982年6月，参加入侵黎巴嫩战争，发动贝卡谷地空中作战。此外，以空军还先后成功地实施了深入非洲腹地解救人质的“雷电作战”行动、突击伊拉克核反应堆的“巴比伦”行动、空袭巴解总部等远程奔袭作战，表现出较强的作战能力。1991年海湾战争后，以空军更加注重质量建设，作战水平进一步提高。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻特拉维夫。空军司令是空军最高指挥官。部队按机种编为联队，每个联队下辖3个飞行中队和1个勤务保障分队。截至2001年，空军兵力3.7万人，占武装力量总兵力的22.6%。编有13个作战飞机中队，1个运输机联队，3个攻击直升机中队。装备各型飞机1 200多架。其中作战飞机446架，主要为F-4E、F-15A/B/C/D、F-16A/B/C/D、A-4N等机型，机载武器主要为AIM-7、AIM-9、AIM-120B、R-530、“怪蛇”Ⅲ/Ⅳ型、“蜻蜓”式空空导弹，AGM-45、AGM-62A、AGM-65、AGM-78D、AGM-114型、“大眼睛”、“陶”式空地导弹。空中预警机6架，电子战飞机37架，运输机39架，加油机3架，攻击直升机129架。储备飞机250架，大部分为“幼狮”C-7型战斗机。防空部队编有39个导弹连，装备MIM-23Ⅰ、“爱国者”、“小槲树”“毒刺”式等地空导弹。

以色列国家导弹防御系统(CMMD)隶属于空军建制，其“箭”式防空导弹系统造价20亿美元，由美国和以色列联合研制，用以拦截中短程弹道导弹。空军弹道导弹防御系统将部署3个“箭”式防空导弹连，其中第1连已部署于特拉维夫南部的帕尔奇姆空军基地。到2004年，所有“箭”式导弹和雷达系统部署完成后，3个导弹连构成的导弹防御系统可覆盖以色列所有疆土。

(王寿沛)

Tu'erqi Kongjun

土耳其空军 (Turkish Air Force) 土耳其共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负夺取和保持空中优势、防空、支援陆海军作战、空中侦察等任务。1911年6月，土耳其按法国模式培养空、地勤人员，建立航空队，开始进行航空活动。第一次世界大战中，土加入同盟国，航空队参加苏伊士运河和达达尼尔海峡战役。1944年2月4日，成立独立空军。第二次世界大战后，空军建设深受美国影响。1952年2月18日，



空军飞机机徽

土加入北大西洋条约组织。北约在土伊兹密尔市设有第6战术空军司令部，由一名土空军中将任司令。土空军战术空军司令部的19个中队配属给该司令部。土大部分空军基地和设施均交北约统一使用。

空军参谋部驻安卡拉，下辖第1战术空军司令部(驻埃斯基谢希尔，负责博斯普鲁斯海峡、达达尼尔海峡和西部地区的空中防务)、第2战术空军司令部(驻迪亚尔巴克尔，负责东部地区的空中防务)、空军训练司令部(驻伊兹密尔)、后勤司令部(驻安卡拉)、直属空运总队。截至2001年，空军兵力6.01万人，占武装力量总兵力的11.7%。编有11个战斗攻

击机中队，7个战斗机中队，2个侦察机中队，5个运输机中队，2个加油机中队。装备各型飞机800余架，其中作战飞机505架，主要为F-16C/D、F-4E、F-5 A/B、RF-4E等机型，机载武器为AIM-7E、AIM-9S、AIM-120等型空空导弹，AGM-65、AGM-88、AGM-142等型空地导弹。地面防空部队编有11个地空导弹中队，装备“奈基”、“大力神”、“轻剑”式地空导弹。

（胡娴娟）

Aodaliya Huangjia Kongjun

澳大利亚皇家空军 (Australian Royal Air Force)　澳大利亚武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要任务是：保



空军飞机机徽

卫领空，对来犯之敌实施空中突击；为本国陆军提供近距空中支援，为盟军提供战略空中支援；协同海军执行反潜作战，提供海上空中救援；实施战略、战术空中侦察等。1915年，成立第1个陆军航空兵中队。第一次世界大战期间，派出4个航空兵中队协助英国皇家空军作战。1921年3月31日，成立澳大利亚皇家空军。第二次世界大战期间，在太平洋战区担负本土防空作战，并配合美国第5和第13航空队作战；派出16个航空兵中队到欧洲和中东地区作战；为英联邦国家空军培训2.1万名飞行人员。战后，澳空军进行整编，缩小编制、裁减人员、减少武器装备。1948年，澳空军运输机中队参加柏林空运。1950年7月，派出第77战斗机中队参加朝鲜战争。同年，还派出运输机和轰炸机部队支援英军对马来亚的作战行动。1964年后参加越南战争。

空军司令是空军最高行政长官，根据国防部长和国防军司令的授权，负责空军体制编制、机构建设、行政管理、教育训练以及防务政策的制定等工作。下辖空军参谋部和若干行政支援司令部。参谋部负责所属部队的作战指挥和作战勤务保障。支援司令部负责所属航空兵部队的管理、训练、后勤和航空工程保障。澳空军作战以联军作战为主要形式，作战思想和使用原则受美、英空军影响。编有7所院校：空军参谋学院、空军军官学院、领航学校、航空技术学校和3所飞行航校。飞行员从航校毕业分到部队后，参加部队的年度训练，还根据作战预案进行各种接近实战的演习。有13个空军基地，主要基地能起降重型轰炸机和大型运输机。防空体系由防空指挥、探测预警和拦截打击系统组成。防空指挥系统以悉尼为中心，建成较为现代化的指挥控制和通信网。截至2001年，空军兵力1.4万人，占武装力量总兵力的28%。编有2个战斗机／侦察机中队，3个攻击机中队，2个海上侦察机中队，7个运输机／加油机中队。装备各型飞机约310架，其中作战飞机141架，主要为F-111C/G、RF-111C、EP-3C、F／A-18A/B等机型，机载武器为AIM-7、AIM-9L/M等型空空导弹，AGM-84A、AGM-142等型空地导弹。地面防空部队编有3个控制与报知中队，装备4部“吉戴里”超视距雷达。

（管有勋）

Xinxilan Huangjia Kongjun

新西兰皇家空军 (Zelanian Royal Air Force)　新西兰武装力量军种之一。主要担负国土防空、南太平洋各岛国经济区



空军飞机机徽

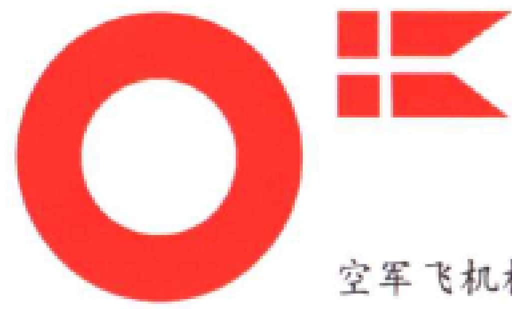
巡逻、帮助各岛国训练飞行人员等任务。第一次世界大战期间，新西兰作为英国殖民地，为英国皇家空军和海军航空兵培训180多名飞行员。1937年4月1日，成立新西兰皇家空军。第二次世界大战期间，得到迅速发展，是英联邦空军一支重要作战力量。先后有6个中队在欧洲，1个中队在西非参加同盟国空军对德国军队作战，有25个中队在太平洋参加对日作战。战后，改装喷气式飞机。60～80年代，兵力稳定在4 000余人，各种飞机100余架。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻惠灵顿。下辖作战司令部和支援司令部。空军参谋长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力2 800人，占武装力量总兵力的30%。装备各型飞机80余架，其中作战飞机40架。主要为A-4K、P-3K等机型，机载武器为AIM-9L型空空导弹，AGM－65B/G型空地导弹。

（胡娴娟）

Danmai Huangjia Kongjun

丹麦皇家空军 (Danish Royal Air Force)　丹麦王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负夺取和保持波罗的



空军飞机机徽

海通道地区空中优势、防空作战、支援陆海军作战等任务。1911年12月14日，组建海军航空兵。1912年，建立陆军航空学校。1923年2月1日，成立陆军飞行团。1926年，组建海军飞行团。第二次世界大战期间，德国军队入侵丹麦，陆军航空兵大部分飞机被击毁，飞行员一部分逃出丹麦参加英军对德作战，一部分在加拿大、英国、挪威和瑞典受训。战后，丹麦成立空军委员会，着手筹建空军。1950年10月1日，在海军航空兵和陆军航空兵的基础上成立丹麦皇家空军。

空军参谋部是空军最高领导机构，驻韦兹拜克。空军参谋长是空军最高领导，也是国防司令部和国防委员会成员。平时由国防司令部统管空军的作战、人事、计划、行政和后勤等事务；战时，空军的作战指挥权移交给丹麦作战部队司令（兼北约盟军波罗的海通道司令部司令）。截至2001年，空军兵力4 500人，占武装力量总兵力的21%。编有3个攻击机／战斗机中队、1个运输机中队、1个搜索与救援中队、1所航校。装备各型飞机110架，其中作战飞机68架，主要为F-16A/B型战斗机，机载武器为AIM-9、AIM-120A型空空导弹，AGM-65型空地导弹。地面防空部队编成1个防空大队，辖2个地空导弹营，装备改进型“霍克”、“毒刺”式地空导弹。

（胡娴娟）

Nuowei Huangjia Kongjun

挪威皇家空军 (Norwegian Royal Air Force) 挪威王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。主要担负争夺并保持本国领空和近海空中优势、支援陆海军作战等任务。1914年，挪威建立陆军飞机工厂。1915年，陆、海



空军飞机机徽

军各自组建航空兵。30年代末，向国外订购作战飞机，飞机总数达到116架。1940年4月9日，德国军队进攻挪威，挪威陆、海军飞行部队参加保卫国家的作战。战败后，部分人员和飞机转移到英国和加拿大，并在多伦多组建一所飞行训练学校。1941年4月～1942年2月，先后组建4个飞机中队。1944年11月，陆军航空队和海军航空兵合并为挪威皇家空军。

空军司令部是空军最高领导机构，驻奥斯陆。下辖北方空军司令部和南方空军司令部。空军总监是空军最高领导。平时负责征兵、训练、组织编制、人员管理和拟定战术原则，战时由北约北欧盟军司令部负责作战指挥。截至2001年，空军兵力5 000人，占武装力量总兵力的18.7%。编有4个攻击机中队，1个战斗教练机中队，1个运输机中队，1个海上侦察机中队，1个电子战中队，1个搜索与救援中队，2个战术直升机中队。装备各型飞机184架，其中作战飞机61架，主要为F-16A/B、F-5A/B战斗机。机载武器为AIM-9L/N、AIM-120型空空导弹，CRV-7、MK-3型空地导弹。地面防空部队编有16个地空导弹连，8个高射炮连，装备NASAMS、RB-70型地空导弹，L70型高射炮。

（胡娴娟）

Ruidian Huangjia Kongjun

瑞典皇家空军 (Swedish Royal Air Force) 瑞典王国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负空中威慑、国土防空、支援陆海军作战、空中侦察等任务。1912年，瑞典陆军成立飞行训练部。1913年，海军建立飞行训练学校。1921年，陆军飞机工厂扩建为飞机制造公司。1926年7月1日，陆、海军航空兵合并成立瑞典皇家空军，编有4个航空兵团，作战飞机82架。1939年12月12日，组建战斗机和轰炸机部队，援助芬兰抗击苏联军队入侵。此战是瑞空军史上唯一一次作战。第二次世界大战结束时，拥有飞机约1 000架，编为17个联队，50个中队。战后，由向国外购买、仿制飞机到自行设计生产，实现了作战飞机的国产化。重视发展截击机，截击机所占比例逐步增大。

空军司令部是空军最高领导机构，驻斯德哥尔摩。空军司令是空军最高领导，负责空军的作战、训练和行政管理等，具体工作由空军参谋部组织实施。空军司令部下辖空军参谋部，第1航空大队和南部、东部、下诺尔兰德、上诺



空军飞机机徽

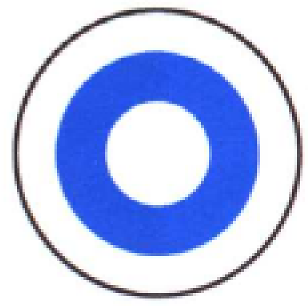
尔兰德4个防空指挥部。截至2001年，空军兵力7 700人，占武装力量总兵力的22.7%。编有1个攻击机/侦察机中队、4个多种任务中队、3个战斗机中队，1个空中预警机中队、1个运输机中队。装备各型飞机350余架，其中作战飞机206架，主要为SAAB JAS-39、SAAB JA-37、SAAB AJSH-37/AJSF-337等机型，机载武器为RB-71、RS-74、RB-99、AIM-120等型空空导弹，RB-15F、RB-75、BK-39等型空地导弹。运输机8架，教练机106架。

（胡娴娟）

Fenlan Kongjun

芬兰空军 (Finnish Air Force) 芬兰共和国武装力量军种之一。主要担负防空和支援陆海军防御作战等任务。1918年3月6日，建立航空部队，后定为空军成立日。30年代后期，芬空军加紧建设，第二次世界大战前，拥有3个团，主要作战飞机113架。1939年11月～1940年3月，参加苏芬战争空中作战。二战期间，参加德国法西斯集团对苏作战。战后编成4个团。1952年，空军团改为空军大队。50年代以后，陆续从英国、苏联、瑞典等国购买作战飞机，建成一支较为现代化的防御型空军。

空军司令部是空军最高领导机构，驻蒂卡科斯基。空军司令是空军最高领导。全国划分为北部、西南、东南3个防空区，每区配1个航空大队，大队下属中



空军飞机机徽

队。截至2001年，空军兵力2 700人，占武装力量总兵力的8.4%。装备各型飞机150余架，其中作战飞机64架。主要为F/A－18C/D、“隼”MK5、L－70等机型，机载武器为AA－8、AIM－9、RB－27/28、AIM－120等型空空导弹。

（胡娴娟）

Sulian Kongjun

苏联空军 (Soviet Air Force) 苏维埃社会主义共和国联盟武装力量军种之一。主要任务是：夺取制空权；突击敌陆、海军集团；破坏敌重要军事工业和交通运输目标，摧毁敌战争潜力；袭击敌指挥通信机构和设施；支援陆、海军作战；空降、空运、空中侦察等。

历史沿革 分为4个时期：①创建时期(1917～1920)。1917年11月10日，新生的苏维埃政权根据列宁指示建立苏俄航空和浮空委员会，是苏联最早的航空机构，职责是组建航空小分队和训练航空技术人员。同年12月20日，在陆海军人民委员会设立共和国空军全俄管理委员会，开始建设正规空军。1918年5月24日，成立了苏俄工农红军空军总局，为苏俄工农红军空军的统率机关。苏空军成立之初，参加了对外国武装干涉和国内白匪军叛乱的作战。②和平建设时期(1921～1940)。1921年，苏联国内战争基本结束，进入和平建设时期。苏空军开始进行正规化建设，在部队规模扩大、飞机装备数量增加和质量提高的同时，体制编制日趋完善，整体作战能力大幅度提高，逐步成为世界空军强国。③卫国战争时期(1941～1945)。1941年6月22日，德国对苏发动突然袭击，苏空军遭受重大损失。根据苏联统帅部的决定，扩建空军部队，研制和装备新型作战飞机。6月29

日，成立空军司令部。空军在大量消灭德国空军力量的同时，支援陆、海军作战，为卫国战争胜利做出巨大贡献。苏德战争结束后，在远东地区与陆海军一起投入对日军作战并迅速取得远东战役的胜利。第二次世界大战期间，苏空军在各方面得到发展，成为苏联武装力量的重要组成部分。④战后时期(1946～1991)。苏空军在这一时期经历了4个发展阶段：1946～1953年为第一阶段。1946年2月，苏空军成为独立军种，空军司令升格为苏联空军总司令。在这一阶段，根据战后新形势，苏空军进行精简整编，提高武器装备质量，空军作战能力显著增强。1954～1959年为第二阶段。苏空军换装性能先进的轰炸机、歼击轰炸机、歼击机、运输机和直升机，开始具备空对地导弹突击能力，并成为投掷核武器的重要力量。1960～1985年为第三阶段。苏空军继续改善武器装备，装备第三代作战飞机和多种型号的空空导弹、空地导弹。在体制编制、作战方法以及教育训练等方面均发生了质的变化，作战能力进一步提高。1986～1991年为第四阶段。在苏联进行全面改革和军事战略调整的大背景下，苏空军缩小规模，改组指挥机构，进行质量建军。1991年12月25日，苏联解体，原各加盟共和国分别继承了苏空军力量，其中俄罗斯联邦空军继承了苏空军总兵力的75%。

兵力规模　1991年底苏联解体前，空军总兵力为42万人，编成39个师90个团。装备各型飞机1.3万架，其中作战飞机5 082架，包括远程轰炸机177架、歼击轰炸机1 780架、强击机460架、歼击机2 130架，侦察机475架、电子战飞机60架、运输机620架。

体制编制　空军总司令部是空军最高领率机构，编有司令部、政治部、后勤部、干部部等机关。空军总司令由国防部副部长兼任，对全空军实施行政领导。部队主要由远程航空兵、前线航空兵和军事运输航空兵3个兵种组成。此外，还编有工程兵、化学兵和通信兵等勤务支援部队。除前线航空兵外，各兵种均设有兵种司令部。航空兵部队按集团军、师、团、大队、中队编成。航空兵集团军是空军的基本战役军团，编制飞机250～400架；航空兵师是空军的基本战术兵团，编制飞机40～120架；航空兵团是基本的行政和战术单位，通常由单一机型飞机组成，编制飞机20～40架；飞行大队是基本的战术分队和火力单位，编制飞机9～12架。苏空军从师至大队的编制基本为“三三制”。飞行中队是苏空军的最小建制单位，由3～4架飞机组成。

作战指挥　苏空军部队的作战指挥根据其所属兵种的性质而定。远程航空兵和军事运输航空兵使用权属于统帅部，战时由空军总司令部根据总参谋部的指示制订计划，并集中组织指挥。前线航空兵集团军由所在军区和空军总司令部双重领导，战时由部队联合司令部、空军集团军指挥机构统一指挥。

武器装备　苏联解体前，苏空军在规模上位于世界前列，武器装备质量属世界一流，且配套齐全。远程航空兵装备图－160、图－95重型轰炸机，图－22M中型轰炸机；前线航空兵装备苏－24、苏－25、米格－25、米格－29、苏－27等型作战飞机；军事运输航空兵装备安－22、伊尔－76、安－124型运输机，安－12、安－24、安－26、安－72、图－134、图－154、伊尔－22型中、短程运输机。此外，还有图－22P、苏－24P、米格－25P、伊尔－20P等型侦察机和米－8型直升机。其中，20世纪90年代装备的图－160型轰炸机属第二代轰炸机；米格－29、苏－27、苏－30、苏－34等型第三代战机。机载武器，包括P－23、P－27、P－60、P－73、P－77等型空空导弹，X－15、X－31、X－58、X－59M等型空地导弹，均属先进机载武器，性能基本与美国空军装备相当。

教育训练　苏空军军事训练包括军事院校训练、部队训练和预备役训练。军事院校训练和部队训练属军内训练，由空军总司令部负责组织、计划和监督。苏联解体前，苏空军共拥有各类院校29所，其中学院2所(重点培养团以上指挥员、参谋、领航人员的加加林空军学院和培养各种专业高级工程技术人员、科研人员及空军技术院校骨干教员的茹科夫斯基空军军事工程学院)、高级军官学校27所，学制一般为3～5年。部队训练是在单兵训练基础上，根据所在部队的作战任务和人员特点组织实施，分为地面训练和飞行训练。飞行训练是重点，分为基础训练和综合训练。地面训练主要内容有政治文化、航空理论教育和专业技术训练。每个训练期或训练年度，各兵种部队均以组织和参加各种战术演习而结束。演习是苏空军训练的最高形式，按性质分为航空兵战术演习、航空兵对抗演习、机动作战演习、空袭反空袭演习、陆空协同演习、海空协同演习、空防协同演习、诸兵种联合演习等。

主要作战活动　苏空军成立初期，积极投入抵御外国武装干涉和剿灭国内白匪军叛乱的作战。1918年夏、秋季参加保卫察里津战斗，同年8～9月参加喀山战斗；1919年初参加抗击高尔察克作战，10月参加对邓尼金军队作战；1920年10～11月参加对弗兰格尔部队作战。在整个国内战争中，苏空军为支援地面部队作战，遂行了侦察、轰炸、联络、校射和宣传等任务，出动飞机近2万架次，投掷炸弹94吨和宣传品9吨，空战144次，击落敌机21架。1941年6月22日苏德战争爆发，在德军闪击苏联空中作战中，苏空军遭受重大损失。此后，苏空军逐渐恢复作战能力。在战争第一阶段，共出动85.5万架次，投弹17万吨，主要是支援陆军粉碎德军的“闪击战”计划，消灭德军坦克和机械化纵队，为各方面军实施防御战役和进攻战役，消耗德军力量创造条件。在战争第二阶段，与陆海军密切协同，大量消灭德军技术兵器和有生力量，夺取了制空权，为地面部队实施大规模战略性进攻战役创造有利条件，主要进行斯大林格勒空中封锁、库班空战、库尔斯克会战空中作战等，共出动飞机79.6万架次，消灭德军飞机2万余架。在战争第三阶段，苏空军主要支援陆军实施战略性进攻战役，进行了白俄罗斯战役空中作战、“十次打击”空中作战、维斯瓦河－奥得河战役空中作战、东普鲁士战役空中作战和柏林战役空中作战等，共出动飞机147万架次，投弹28.6万吨。在整个战争期间，苏空军共出动约321.5万架次，主要是杀伤敌有生力量和破坏其技术兵器，通过空战和空中突击，消灭德军作战飞机5.7万架。同时，配合防空军成功地进行了莫斯科防空作战；积极支援游击队作战，远程作战航空兵团和民用航空兵团共出动飞机约11万架次，运送8.3万余名游击队员和约1.7万吨武器给养和药品。1945年8～9月，参加对日作战，组织远东战役空中作战。1968年8月，参加苏军侵捷空降作战。1979年12

月，参加苏军阿富汗空降作战，并担负整个战争中的空中支援作战任务。

（章 俭）

Su'e Hangkong he Fukong Weiyuanhui

苏俄航空和浮空委员会 （Soviet Russian Aeronautics and Aerostat Committee） 见苏联空军。

Su'e Gongnong Hongjun Kongjun Zongju

苏俄工农红军空军总局 （Air Force General Bureau of the Soviet Russian Workers' and Peasants' Red Army） 见苏联空军。

Eluosi Lianbang Kongjun

俄罗斯联邦空军 （Russian Air Force）

俄罗斯联邦武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要任务是：保卫俄联邦的空中疆界，监视对国家大气层空间使用规则的遵守情况；消灭敌在各空间的兵力兵器；掩护国家重要目标，使之免遭敌侦察和空中打击；消灭敌航空兵、核导弹集团、预备队和重要目标等。

简史 1991年12月苏联解体后，俄



空军飞机机徽

联邦继承了苏联空军总兵力的75%。在此基础上，于1992年5月开始重新组建空军，初期，总兵力为38万人，飞机6 000余架。1993年起，对接管的苏空军进行了一系列改革，包括调整指挥机构、撤销军区空军建制和裁减员额等。至1995年底，总兵力减至20万人、飞机3 500架。1998年3月1日，空军与防空军合并，成立空军总司令部，下设歼击航空兵、防空火箭兵、无线电技术兵3个专业兵种司令部。2个战略空军集团军，4个空防集团军、2个独立空防军和1个防空区（莫斯科防空区）。空防合并前，俄空军、防空军总兵力为31.8万人。合并中共有540支部队撤编，134支部队改编，600多个军事单位改变隶属关系，绝大部分武器装备进行重新配置，原属防空军的导弹航天防御部队和航天部队编入战略火箭兵。1998年底完成合并后，空军兵力缩减到19.3万人。在此基础上，俄空军继续对部队结构进行优化调整，撤销歼击航空兵司令部，将第5独立空防军升格为集团军。2002年，宣布解散莫斯科防空区，将所属部队调入新恢复的第16空军集团军，首都防空部队编组为一个专门指挥机构。



苏－37战斗机

编制体制 空军总司令部是空军最高领导机构，驻莫斯科。空军总司令是空军最高指挥官。空军总司令部下设司令部、战斗训练局、装备局、后勤部、无线电技术兵局、防空火箭兵局、独联体统一防空局、教育工作方向局、干部局、军事教育局、飞行安全局、机场工程局、财政经济局和新闻处等14个机构。编有1个防空区、8个集团军，分别驻守在俄6个军区和莫斯科，直属空军总司令部指挥。其中，第4空防集团军驻罗斯托夫，第5空防集团军驻叶卡捷琳堡，第6空防集团军驻圣彼得堡，第11空防集团军驻伯利，第14空防集团军驻新西伯利亚，第16空军集团军驻库宾卡，第37、第61空军集团军驻莫斯科。俄空军按集团军、军（师）、旅（团）、大队（营）、中队（连）编成，并编有部分直属单位。远程航空兵最大编成为师，每个师通常辖2个团，每个团装备中、远程轰炸机15～33架；歼击航空兵、歼击轰炸航空兵、强击航空兵最大编成为师，一般辖2～4个航空兵团，装备飞机60～180架；军事运输航空兵最大编成为师，辖4～6个团，每个团编制飞机30架。防空军（师）中，防空火箭兵最大编成为防空火箭团（旅），辖数个防空火箭营，通常装备导弹发射装置40余部。雷达兵最大编成为雷达团（旅），辖数个雷达营，通常装备雷达32部。

人员装备 至2001年，俄空军兵力为18.46万人，占武装力量总兵力的19%。装备各型飞机4 527架，其中作战飞机3 833架。主要有图－160、图－95、图－22等型轰炸机198架；米格－29、米格－31、苏－27、苏－30、苏－37、苏－25等型作战飞机3 384架；伊尔－22等型侦察机199架；A－50型预警指挥机21架；伊尔－78型空中加油机20架。机载武器主要为AA－8、AA－10、AA－11等型空空导弹，AS－4、AS－7、AS－10、AS－11、AS－12、AS－13、AS－14、AS－15、AS－17、AS－18等型空地导弹。地面防空部队装备C－300等型地空导弹发射架2 570余部，雷达2 600部。

教育训练 分为院校教育和部队训练两部分。院校教育，建有高、中、初三级体系，其中高等院校有14所，学制4年，重点院校有加加林空军军事学院、茹科夫斯基空军军事航空技术大学、朱可夫防空军事大学和巴拉绍夫、克拉斯诺达尔、塞兹兰、阿尔马维尔等军事航空专科学院。飞行训练由战斗训练局和飞行训练管理中心负责，各集团军、师也设有相应的训练管理机构，建有梁赞远程航空兵训练中心、利佩茨克前线航空兵训练



苏－30战斗机

中心、萨沃斯特列伊斯克防空歼击航空兵训练中心和伊万诺夫斯克军事运输航空兵训练中心。军事训练主要包括战斗训练和战役训练。

发展趋势 根据俄罗斯国家安全委员会军事改革发展规划，俄军种结构将进行调整，空军将主要由导弹太空兵、航空兵、导弹太空与对空防御兵等组成；进一步裁减空军员额3～5万人；研制第五、六代突击飞机和发展新型高精确制导航空毁伤兵器及专门防御高精确制导武器的综合系统；开发新型地基和机载电子战综合系统；建立能探测隐身空中目标的统一自动化雷达系统；进一步建立和发展与独联体其他国家的联合防空系统及联合战斗值勤。（崔连祥）

Eluosi Lianbang Kongjun Yuancheng Hangkongbing

俄罗斯联邦空军远程航空兵 (Russian Long-Rang Aviation) 见远程航空兵。

Eluosi Lianbang Kongjun Qianxian Hangkongbing

俄罗斯联邦空军前线航空兵

(Russian Air Force Front Aviation) 见前线航空兵。

Eluosi Lianbang Kongjun Fangmianjun Hangkongbing

俄罗斯联邦空军方面军航空兵

(Russian Air Force Front Aviation) 见方面军航空兵。

Wukelan Kongjun

乌克兰空军 (Ukrainian Air Force)

乌克兰武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空、夺取制空权、支援陆海军作战、空运等任务。1991年12月苏联解体后，乌克兰于1992年3月在苏联驻文尼察第24空军集团军司令部基础上组建空军司令部，下辖2个空军集团军，1个快速反应航空兵大队，1个战斗训练中心，1个训练学院。截至2001年，空军兵力9.6万人，约占武装力量总兵力的32%。编有1个远程轰炸机团，2个轻型轰炸机师，2个歼击机师，2个强击机团，2个侦察机团。装备各型飞机1 300余架，其中作战飞机543架，主要为图－160、苏－24、苏－25、苏－27、米格－29等机型，机载武器为AA－7、AA－8、AA－9、AA－10、AA－11等型空空导弹，AS－7、AS－9、AS－10、AS－11、AS－12、AS－13、AS－14、AS－15等型空地导弹。侦察机36架，运输机／加油机120余架，直升机300余架。地面防空部队装备SA－3、SA－5、SA－10、SA－12A型地空导弹。（胡晓惠）

Bai'eluosi Kongjun

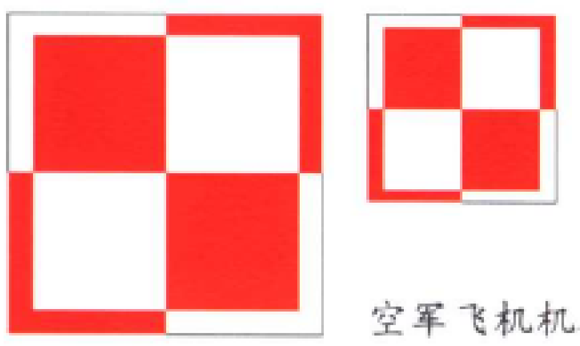
白俄罗斯空军 (Belarus Air Force)

白俄罗斯共和国武装力量军种之一。主要担负防空和支援地面部队作战等任务。1991年12月苏联解体后，白俄罗斯于1992年1月将国防事务部改为国防部，3月20日，组建空军。编有1个空军集团军。截至2001年，空军兵力1.2万人，占武装力量总兵力的14.5%。装备各型飞机430余架，其中作战飞机177架，主要为苏－24、苏－25、苏－27、米格－29等机型，机载武器为AA－7、AA－8、AA－10、AA－11型空空导弹，AS－10、AS－11、AS－14型空地导弹。武装直升机58架，运输机15架，运输直升机14架。地面防空部队编有1个防空集团军，装备SA－3、SA－5、SA－10型地空导弹。（胡晓惠）

Bolan Kongjun

波兰空军 (Polish Air Force)

波兰共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援地面部队作战、空中运输等任务。1918年11月波兰独立后，建立陆军飞行部队。1919年3月建立初、高级飞行学校。1924年发展为6个飞行团。1938年底建立空军参谋部，组编战术航空队和陆军支援航空队。第二次世界大战期间，德国军队入侵波兰，波空



空军飞机机徽

军装备损失90%，人员损失70%。波兰沦陷后，空军飞行人员先后到法国、英国、苏联等国航空部队继续与德军作战。1944年波兰在苏联相继组建歼击、轰炸、强击航空兵团各1个，后合编成波兰第1航空兵师。战后，在该师基础上建立波兰人民空军。至1958年，拥有1个轻型轰炸机师，6个歼击机师，3个强击机师，飞机约800架。此后，波空军根据华沙条约集团的需要，不断更新装备，并部署改进的SA－2型防空导弹。1969年后，与苏联国土防空军自动化指挥系统建立协同关系。1991年12月苏联解体后，波兰裁减武装力量，空军发展较慢。1999年3月，波兰加入北约，波空军成为北约空中力量组成部分。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻华沙。编有北部和南部2个空军集团军。截至2001年，空军兵力4.37万人，占武装力量总兵力的21.2%。编有1个战斗机中队、9个攻击机／侦察机中队、3个运输机中队。装备各型飞机510余架，其中作战飞机212架，主要为米格－29、苏－22、米格－21等机型，机载武器为AA－2、AA－8、AA－11型空空导弹，AS－7型空地导弹。运输机50余架，直升机90余架。地面防空部队编有4个旅和1个独立团，装备SA－2、SA－3、SA－4、SA－5型地空导弹。（胡晓惠）

Jieke Kongjun

捷克空军 (Czechic Air Force)

捷克共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援地面部队作战、空中运输等任务。前身为捷克斯洛伐克空军。1918年10月捷克斯洛伐克共和国成立后，组建陆军航空兵，开办中央飞行员学校。至1935年，航空兵扩充到6个团。第二次世界大战期间，大批飞行人员和地勤人员流亡国外。1944年6月，在苏联组建捷克斯洛伐克航空团。战后，流亡英国的飞行人员回国加入航空团。1945年8月16日，重建捷克斯洛伐克空军。1993年1月，捷克斯洛伐克分立为捷克共和国和斯洛伐克共和国。捷克重组空军，由战术空军部队和防空部队组成。1999年捷克加入北约，捷空军成为北约空中力量组成部分。截至2001年，空军兵力1.16万人，占武装力量总兵力的21.6%。编有2个歼击轰炸机团、2个歼击机团、2个运输机团、3个直升机团。装备各型飞机330余架，其中作战飞机75

架，主要为苏－22、米格－21、苏－25等机型，机载武器有AA－2、AA－7、AA－8型空空导弹。武装直升机34架，运输机27架。地面防空部队装备SA－2、SA－3、SA－6型地空导弹。

（胡晓惠）

Siluofake Kongjun

斯洛伐克空军 (Slovakian Air Force)

斯洛伐克共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援地面部队作战、空中拦截、对地攻击、空中运输等任务。前身为捷克斯洛伐克空军。1918年10月捷克斯洛伐克共和国成立后，组建陆军航空兵，开办中央飞行员学校。至1935年，航空兵扩充到6个团。第二次世界大战期间，大批飞行人员和地勤人员流亡国外，1944年6月，在苏联组成捷克斯洛伐克航空团。战后，流亡英国的飞行人员回国加入航空团。1945年8月16日，重建捷克斯洛伐克空军。1993年1月，捷克斯洛伐克分立为捷克共和国和斯洛伐克共和国。斯洛伐克重组空军。截至2001年，空军兵力1.02万人，占武装力量总兵力的30.9%。编有1个战斗机联队、1个攻击机／侦察机联队、1个运输机联队、1个直升机联队。装备各型飞机130余架，其中作战飞机56架，主要为米格－29、米格－21、苏－22、苏－25等机型，机载武器为AA－2、AA－7、AA－8、AA－10、AA－11等型空空导弹。武装直升机19架，运输机10架。地面防空部队编成3个防空旅，装备SA－2、SA－3、SA－6、SA－10型地空导弹。

（胡晓惠）

Xiongyali Kongjun

匈牙利空军 (Hungarian Air Force)

匈牙利共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空和支援地面部队作战等任务。1936年，建立第一所军事飞行学校。1939年成立空军，编成5个航空兵团。第二次世界大战期间，加入轴心国，派出空军分遣队编入德国空军第4航空队，参加侵苏战争，1945年战败。1948年新政府成立后，在苏联援助下重组空军。至1956年，装备各型飞机700余架。1956年“十月事件”后，空军被解散。1957年，在苏联监控下重新组建空军。1999年3月，匈加入北约。2001年9月，空军改组，成立新的空军司令部，下属的空军参谋部，使空军的装备采购及指挥程序与北约的标准趋于一致，同时对部队进行了精减。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻布达佩斯。下设航空兵司令部和防空



空军飞机机徽

司令部。截至2001年，空军兵力7 500人，占武装力量总兵力的22.2%。编有1个战斗机团、1个合成运输机团。装备各型飞机270余架，其中作战飞机46架，主要为米格－29、米格－21、苏－22等机型，机载武器为AA－2、AA－8、AA－10、AA－11等型空空导弹，AT－2、AT－6型反坦克导弹。武装直升机51架，运输机12架。地面防空部队编成2个团，装备SA－3、SA－4、SA－5、SA－6型地空导弹。

（胡晓惠）

Deguo Kongjun

德国空军 (German Air Force)

德意志联邦共和国武装力量的军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要任务是：保卫重要目标；实施航空侦察、近距空中支援和反空袭作战；对驻扎在本土以外的北约部队和本国部队实施空中掩护；参加联合国维和行动，协同北约部队遂行作战任务；空中运输等。

简史　1912年10月，德国组建第一支航空兵部队。1914年第一次世界大战爆发前，已组建40余个航空兵小分队，装备军用飞机232架、飞艇10余艘。战争期间，德军轰炸英国，开创了轰炸敌后方城市的作战形式。战后，根据《凡尔赛和约》，德陆海军航空队被解散。1933年A.希特勒上台后，撕毁《凡尔赛和约》，重整军备。1935年3月1日，建立独立空军，H.戈林任空军部长兼空军总司令。德重整军备过程中，以空军为建设重点，空军占武装力量总兵力的40%。1936年，组成“秃鹰军团”支援F.佛朗哥反政府军，参加西班牙内战空中作战。第二次世界大战前，德空军兵力80余万人，作战飞机约4 000架，成为欧洲最强大的空军。二战初期，德空军在闪击波兰、挪威、丹麦、荷兰、法国和比利时等国的作战中取得成功，但在1940年7月的不列颠之战中受挫。1941年6月22日，在德军闪击苏联空中作战中发挥重要作用，但在以后的作战中遭受沉重打击。二战期间，德空军共损失飞机10万余架，飞行人员伤亡失踪10万余人。战后，德国分裂为德意志联邦共和国(联邦德国)和德意志民主共和国(民主德国)。联邦德国加入北约后，于1956年9月重建空军。至80年代末，兵力达10万余人，装备各型飞机1 000架，其中作战飞机600余架。民主德国在苏联帮助下，于1956年底成立空军，实行空防合一体制，至20世纪80年代末，兵力3.7万人，装备各型作战飞机445架，防空导弹发射架205部。1990年10月两德统一后，以联邦德国空军为基础，对原民主德国空军进行了精简整编，只保留米格－29型歼击机、图－154型运输机、米－8型直升机和部分空空导弹。

编制体制　空军指挥参谋部是空军最高领导机构，驻波恩。下辖空军指挥



空军飞机机徽

司令部、空军局和空军支援司令部。空军监察长是空军最高指挥官，负责指挥空军部队遂行作战任务，参与制定和实施国防总体方案，主管空军装备和物资采购，维持部队战备水平以及军事训练、人员计划等。空军指挥司令部负责空军作战、指挥勤务、战备训练和军事空运等项工作，下辖空军指挥勤务司令部、空中运输司令部、南部空军司令部和北部空军司令部。空军局负责空军院校教育、人事管理和部队训练，下辖空军院校、空军教导团、空军士官团、空军勤务处和驻美国、加拿大的空军训练司令部等单位。空军支援司令部负责保障空军武器装备和人员给养的供应，下辖空军物资局、空军物资技术保障部、空军供应团和后勤支援部队。部队编有4个航空兵师、5个对地战斗机联队、4个战斗机联队、1个侦察机联队、6个运输机

联队、6个地空导弹混合联队。

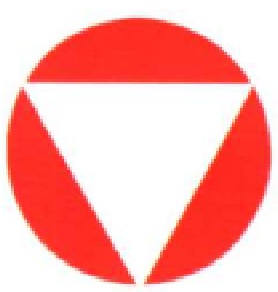
教育训练　分为飞行学员训练、部队训练和院校训练3部分。飞行学员的培训经过初选、为期1年的军事训练、6～10个月的英语训练和16周的能力培养及考核后，按机型和武器系统的要求进行分训。部队训练分为飞行部队训练、快速反应部队训练和新兵训练。院校教育负责培养空军各级指挥军官、参谋军官和专业技术军官。现有14所空军院校。空军的导弹和防空专业人员由美国空军的导弹学校和防空学校代为培训。

人员装备　截至2001年，空军兵力7万人，占武装力量总兵力的22.9%。装备各型飞机710余架，其中作战飞机434架，主要为“旋风”、F－4、米格－29等机型，机载武器为AIM－9、AA－8、AA－10、AA－11等型空空导弹，AGM－65、AGM－88型空地导弹。地面防空部队装备“爱国者”、改进型“霍克”、“罗兰”式地空导弹。

发展趋势　实现防空设施现代化，建立反导弹防御系统；研制和完善高精尖武器系统，更新战术飞机装备；发展综合信息系统、信息战装备、无人攻击机和高能武器。　（管有勋）

Aodili Kongjun

奥地利空军　(Austrian Air Force)　奥地利共和国武装力量组成部分。隶属于陆军。实行空防合一体制。主要担负防空、支援地面部队作战、侦察、空运、通信联络等任务。1918年12月，奥地利建立一支德奥飞行部队。1936年开始组建空军司令部和少量部队。1938年3月13日，奥地利被德国吞并，奥空军并入德空军，参加第二次世界大战。1955年7月，奥恢复国家主权，重新组建空军。1956年初开始进行飞行训练，建立初、高级飞行



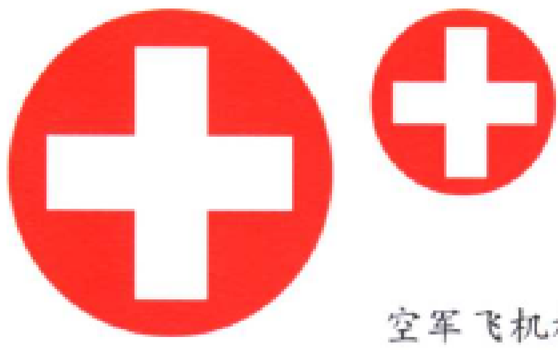
空军飞机机徽

训练学校。从国外引进飞机装备空军部队。截至2001年，空军兵力6 500人，占武装力量总兵力的18.8%。编有1个航空兵师、3个航空兵团、3个防空团、1个飞行侦察团。装备各型飞机140余架，其中作战飞机52架，主要为SAAB J－35Oe等机型，机载武器为AIM－9P3型空空导弹。地面防空部队装备“西北风”式地空导弹，20、35毫米高射炮。

（王海瑛）

Ruishi Kongjun

瑞士空军　(Swiss Air Force)　瑞士联邦武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空和支援地面部队作战等任务。1914年7月，瑞士开始发展军事航空事业，建立航空部队。第一次世界大战期间，从国外购买飞机，自行设计生产DH1、DH2和DH3等型飞机，用于执行观察任务。1936年10月19日正式组建联邦空军。第二次世界大战前，编有6个战斗机中队、9个观察机中队和6个后备中队，拥有飞机220余架。二战结束时，编有4个团，飞机数量达530余架。1948～1950年，购买100架F－51D和75架“吸



空军飞机机徽

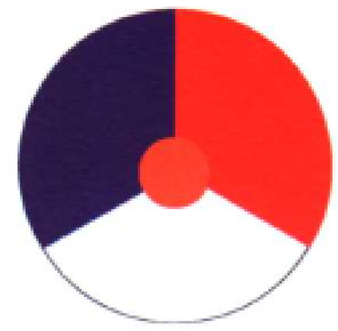
血鬼”式飞机，自行研制250架“毒辣”式战斗轰炸机。1958年，开始装备英制“猎人”式攻击机。1964年，开始采购“幻影”Ⅲ型战斗机。1978年，装备美制F－5型战斗机。50年代末至70年代初，先后购买108架“云雀”Ⅱ／Ⅲ型直升机。

空军与防空司令部是空军最高领导机构，驻伯尔尼。截至2001年，空军兵力9 000人，战时经48小时动员后可达3.06万人。编有1个飞行旅、1个防空旅、1个空军基地旅、1个指挥控制旅。下辖9个战斗机中队、2个侦察机中队、1个运输机中队。装备各型飞机250余架，其中作战飞机138架，主要为F－5E/F、F/A－18C/D、“幻影”Ⅲ等机型，机载武器为AIM－9、AIM－120型空空导弹，AGM－65A/B型空地导弹。地面防空部队装备“轻剑”式地空导弹，35毫米高射炮。

（王海瑛）

Helan Huangjia Kongjun

荷兰皇家空军　(Netherlandish Air Force)　荷兰王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负战术侦察、战术空运、空中支援和北约赋予的战区支援等任务。1913年荷兰陆军组建第一个航空兵师。第一次世界大战期间实力得到增强。战后，航空力量发展受到限



空军飞机机徽

制。第二次世界大战前，荷政府开始重视航空兵及国土防空建设。1938年全面改组防空组织，陆军航空师改为航空队，辖3个航空团，拥有飞机130余架。除本土外，荷兰还在其殖民地东印度群岛(今印度尼西亚)皇家陆军中建立飞行部，太平洋战争爆发前夕，装备各型飞机200多架。1940年5月，航空队遭德国飞机轰炸，损失较大。航空队将剩余飞机先撤至法国，后又转至英国，利用剩余飞机组成2个荷兰航空中队，受英国陆军统辖。1942年3月1日，日本进攻东印度群岛，荷陆军航空队损失惨重，残部分别撤至锡兰(今斯里兰卡)和澳大利亚，并在当地组建航空中队，多次出动攻击日军。二战后，荷陆军航空队得到恢复。1949年12月21日，荷兰承认印度尼西亚独立，将部队撤回本国，大部分飞机留在印度尼西亚。1953年3月27日，在陆军航空队的基础上建立皇家空军。下设防空司令部、战术空军司令部、空军器材司令部和空军训练司令部。拥有作战飞机200余架。1973年初，空军领导机构缩编，部队和装备也作了相应调整。70年代中期，组建防空导弹部队，裁减战斗机中队。荷空军武器装备主要购自美国，并随着北约武器装备现代化计划的实施不断更新换代。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻宾克霍斯特拉恩。空军司令兼空军委员会参谋长是空军最高指挥官。空军司令部下辖战术空军司令部和后勤训练司令部。战术空军司令部直接指挥各航空兵中队和防空导弹中队。后勤训练司令部领导空军院校。截至2001年，空军兵力1万人，占武装力量总兵力的19.8%。编有4个攻击战斗机中队、1个侦察机中队、4个巡逻与反潜机中队(划归海军指挥)、1个运输机中队、1个搜索与救援中

队、1个教练机中队、1个改装训练机中队和12个防空导弹连。装备各型飞机250余架，其中作战飞机157架，主要为F-16A/B型战斗机，机载武器主要为AIM-9L/N、AIM-120B型空空导弹，AGM-65G、AGM-114K型空地导弹。地面防空部队装备"毒刺"、改进型"霍克"、"爱国者"式地空导弹，40毫米高射炮。 （杨宇杰）

Bilishi Huangjia Kongjun
比利时皇家空军 (Belgian Royal Air Force) 比利时王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土及北约赋予的防空作战、支援地面部队作战、空中侦察等任务。1910年，比利时成立陆军飞行团。1915年，改编为军事航空部，下辖6个飞行中队。1940年5月，兵力发展到3 000余人，作战飞机180架。第二次世界大战期间，参加对德国作战，担负侦察、截击和轰炸任务。后因实力悬


空军飞机机徽

殊，被迫撤到法国和英国。部分飞行员参加了不列颠之战。1941～1942年，在英国空军中组建2个比利时中队，参加了诺曼底登陆等主要战役。1946年10月，建立独立空军。50年代，接受美国和英国飞机，实现作战飞机喷气化。70年代末，开始向美国采购F－16型飞机。

空军参谋部是空军最高指挥机构，驻布鲁塞尔。空军参谋长是空军最高指挥官。空军参谋部下辖战术空军司令部、教育训练司令部和后勤司令部。部队按联队、中队编成，每个作战联队通常辖2个中队，中队为基本战斗单位。截至2001年，空军兵力8 600人，占武装力量总兵力的21.8%。编有3个攻击机中队、1个攻击机/侦察机中队、2个战斗机中队、2个运输机中队、3个教练机中队、1个搜索与救援中队。装备各型飞机230余架，其中作战飞机135架，主要为F-16A/B、"幻影"V等机型，机载武器为AIM-9、AIM-120型空空导弹，AGM-65G型空地导弹。地面防空部队装备"西北风"式地空导弹。 （杨宇杰）

Yingguo Huangjia Kongjun
英国皇家空军 (British Royal Air Force) 大不列颠及北爱尔兰联合王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要任务是：保卫领空、军事基地和重要目标的安全；支援陆海军作战；空运部队和作战物资；空中侦察和电子对抗；支援北约盟军作战，与英海军和北约盟军共


空军飞机机徽

同负责北大西洋、北海和英领海安全。

简史 1912年5月，英国组建皇家飞行队和中央飞行学校。1914年，组建皇家海军航空勤务队。第一次世界大战前，英航空力量共有90架飞机可用于执行任务。一战期间，参加了马恩河、凡尔登、索姆河、圣米耶勒等战役，遂行航空侦察、支援地面和海上军队作战、夺取制空权、轰炸敌后方目标等任务。航空力量在战争中不断壮大，一战结束时，实力达36万人，200个现役中队，拥有飞机2.26万架。1918年4月1日，皇家飞行队与皇家海军航空勤务队合并，成立皇家空军，成为世界上第一支独立空军，H.M.特伦查德为首任空军参谋长。战后，经大规模裁减，剩下12个中队。后逐渐恢复发展，至第二次世界大战前，兵力11.8万人，飞机1 911架。第二次世界大战期间，英空军进行了大量作战活动。1940年5～6月，全力组织敦刻尔克撤退空中作战，成功掩护被德军围困在敦刻尔克地区的近34万英、法军队撤回英国；在1940年7月～1941年5月进行的不列颠之战中，英空军发挥巨大作用，取得本土防空作战的胜利；1940～1945年，参加英美军对德战略轰炸。德国投降后，派出177个作战中队赴太平洋对日军作战。二战结束时，英空军发展到108万人，487个中队，拥有飞机9 200架。经过二战的实践，英空军的地位和作用大大提高。战后，英空军先后参加了柏林空运、朝鲜战争空中作战、第二次中东战争空中作战、马岛战争空中作战、"沙漠风暴"行动、波黑战争、"沙漠之狐"行动、北约空袭南联盟、阿富汗反恐战争和伊拉克战争等局部战争或军事行动。

编制体制 空军委员会是空军最高领导机构，由国防大臣、国防国务大臣、议会事务次官、空军参谋长、空军助理参谋长和飞机总监部长等人组成。空军参谋部是空军最高指挥机构，负责空军的作战、训练和日常管理，驻伦敦。空军参谋长是空军最高指挥官。空军参谋部下设打击司令部、后勤司令部和人员及训练司令部。打击司令部驻海威克姆，下辖3个大队，分别担负空中进攻作战、防空、海上巡逻和救援、空运、空中加油、通信等任务；后勤司令部下辖通信部队、空中管制与雷达部队、靶场、各种仓库、补给、医疗单位等；人员及训练司令部负责空军人员管理、组织编制、院校教育和部队训练。英空军负责英国本土及其周围海域的防空，总面积为128万平方千米，是北约欧洲盟军4个防空区之一。防空作战任务平时由空军第11、第18大队负责，使用日常防空作战中心；战时由空军打击司令部统一指挥整个防空区的防空作战，使用海威克姆的国家防空作战中心。国家防空作战中心辖南、北两个作战中心。预警系统由地面雷达、空中预警机和弹道导弹预警站组成。拦截打击系统由防


"鹞"式垂直/短距起降飞机

空截击机部队和防空导弹部队组成。

人员装备 截至2001年，空军兵力5.4万人，占武装力量总兵力25.5%。编有5个攻击机/轰炸机中队、5个攻击机中队、5个战斗机中队、4个侦察机中队、3个海上巡逻机中队、2个预警机中队、1个电子情报搜集中队、3个运输机/加油机中队、1个校射机中队、9个战术直升机中队、6个改装训练分队。装备各型飞机近850架，其中作战飞机427架，主要为"旋风"、"美洲虎"、"鹞"、"隼"等机型，机载武器为"阿斯拉姆"、"天空闪光"、AIM-9L/M型空空导弹，AGM-65G2、AGM-84D1型空舰导弹、"阿斯拉姆"反辐射导弹。地面防空部队装备"轻剑"式地空导弹。

发展趋势 保持适度规模；进一步实现武器装备的现代化，特别是主战装备的现代化；提高官兵整体素质和部队的快速反应能力。（管有勋）

Faguo Kongjun

法国空军 (French Air Force) 法兰西共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负常规和核打击、空中支援、空中遮断、空运、空降、空中侦察等任务。

简史 法国是世界上较早建立军事航空部队的国家。1909年，陆军开始购买飞机，培养飞行员。1912年，陆军成立航空兵部队。第一次世界大战前夕，发展到27个中队，拥有飞机约160架。一战期间，参加了凡尔登、索姆河等战役，遂行空中侦察、轰炸、空战、对地攻击等任务。航空兵在战争中得到很大发展。战



空军飞机机徽

争结束时飞机总数增至4 511架。成为当时一流军事航空强国。战后，进行整编，并承担镇压殖民地人民反抗的作战任务。1933年8月，航空兵改称空军。1934年7月2日，空军成为独立军种。两次世界大战期间，空军发展滞后。第二次世界大战前，只有1 300多架飞机能投入一线作战，且装备落后。二战初期，法国沦陷，德国允许其保留一支空军部队，称"维希空军"，用以维护法在北非的领地。同时，戴高乐在国外组建"自由法国空军"，先后同英国、苏联空军一道作战。1943年5月，"自由法国空军"与"维希空军"合并，成立法国民族解放委员会(后改称临时政府)领导下的法国空军，在战争最后阶段发挥了积极作用。战后，法空军先后参加了侵越战争、朝鲜战争、阿尔及利亚战争、第二次中东战争，科卢韦齐空降行动、波黑战争、"沙漠风暴"行动、北约空袭南联盟、阿富汗反恐战争等局部战争或军事行动。



"幻影"2000战斗机



"阵风"战斗机

编制体制 空军参谋部是空军最高行政管理机构，驻巴黎。空军参谋长是空军最高领导。三军参谋长负责空军作战指挥。空军参谋部下设5个司令部和北方、南方2个空军军区及相应的防空区：战略空军司令部驻塔韦尼，辖执行核作战任务的3个战斗机中队、1个战略侦察机中队和1个空中加油机中队；空中作战司令部驻梅斯，统管法空军所有非核作战的12个战斗机中队和2个侦察机中队、1个电子战中队；空中机动司令部驻维拉古布莱，辖14个运输机中队、1个电子战中队、1个换装训练中队和5个直升机中队；通信与地面系统司令部驻塔韦尼，辖1个预警指挥机中队、11个地空导弹中队、12个分区高炮部队和10座雷达站及"斯特里达Ⅱ"自动化系统，并负责使用法国隶属空军的航天设施；空军教育与训练司令部驻图尔，统管空军所有航校、训练设施及教练机，全面负责空军空、地勤人员和其他人员的军事及专业训练。南方、北方2个军区司令部分别负责管辖区内的空军基地，直接负责所有永久性基地和作战保障事宜。

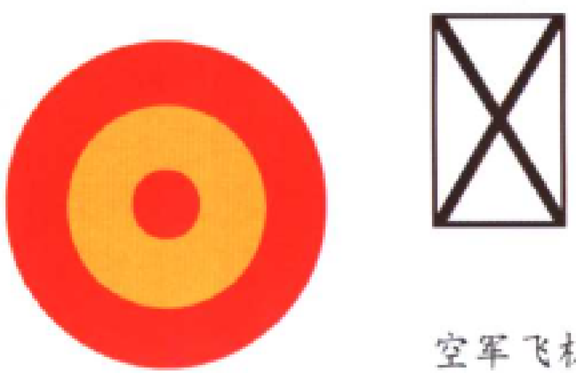
人员装备 截至2001年，空军兵力6.3万人，占武装力量总兵力的23%。装备各型飞机930余架，其中作战飞机473架，主要为"幻影"2000B/C/N/D、"幻影"F-1B/C/CR/CT、"美洲虎"、"阵风"等机型，机载武器为"超级"530F/D、R-550、AIM-9等型空空导弹，PSMP、AS-30/30L型空地导弹。预警机4架，侦察机55架，空中加油机28架，运输机近200架，运输直升机近100架。地面防空部队装备"响尾蛇"、"西北风"式地空导弹，20毫米高射炮。（崔连祥）

Xibanya Huangjia Kongjun

西班牙皇家空军 (Spanish Royal Air Force) 西班牙王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空和支援地面部队作战任务。1911年，西班牙组建陆军航空队和飞行学校。1914

年，开始设计、生产飞机。1927年，陆军航空队拥有600架飞机。1936年，西班牙爆发内战，苏联、法国、英国、美国和意大利、德国等国家分别提供飞机或派航空兵部队支援内战双方空中作战。1939年11月9日，西班牙建立独立空军。第二次世界大战期间，加强训练，组建了多所空军院校。同时，派少量部队参加了苏联对德作战行动。战后，与美国签订防务合作协定，美提供现代化作战飞机和教练机，帮助培训空、地勤人员。60年代后期，先后装备F-5型和“幻影”式战斗机。80年代，装备F-18型飞机。

空军参谋部是空军最高领导机构，驻马德里。空军参谋长是空军最高指挥官。战时，参谋长联席会议直接指挥空军参谋部。空军参谋部下辖中部、东部、直布罗陀海峡、加那利群岛空军司令部和后勤支援司令部。截至2001年，空军兵力2.45万人，占武装力量总兵力的17%。编有11个飞行联队，下辖7个战斗机中队、3个攻击机中队、11个运输机中队、



空军飞机机徽

2个侦察机中队、5个支援中队、1个搜索与救援中队、11个教练机中队、1个试飞中队。装备各型飞机550余架，其中作战飞机211架，主要为F/A-18A/B、“幻影”F-5B、“幻影”F-1CF/BE/EF等机型，机载武器主要为AIM-7、AIM-9、AIM-120、R-550等型空空导弹，AGM-65B、AGM-84A、AGM-88A等型空地导弹。地面防空部队装备“西北风”式等地空导弹。

(胡娴娟)

Putaoya Kongjun

葡萄牙空军 (Portuguese Air Force) 葡萄牙共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负防空、支援地面和海上部队作战、空中侦察等任务。1917年，葡萄牙建立陆军航空队和海军航空队。1934年，陆军航空队拥有70余架飞机，海军航空队拥有21架飞机和飞艇。1937年底，葡政府下令整编陆军航空队，加强战场建设，同时向英国、德国、意大利等国家购买飞机。第二次世界大战期



空军飞机机徽

间，陆、海军航空队从英、美两国采购飞机。战后，葡萄牙从英国引进数十架飞机。1952年7月1日，陆军航空队和海军航空队合并，成立独立空军。

空军参谋部是空军最高领导机构，驻阿马多拉。下辖作战司令部、空降兵司令部和亚速尔空军司令部。空军参谋长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力7 400人，占武装力量总兵力的17%。编有2个攻击机中队、1个警戒机中队、1个海上侦察机中队、3个运输机中队、2个搜索与救援机中队、1个联络机中队、2个训练中队。装备各型飞机160余架，其中作战飞机51架，主要为“阿尔法喷气”、F-16A/B、A-7、A-7P等机型，机载武器为AIM-9型空空导弹，AGM-65B、AGM-84A型空地导弹。

(胡娴娟)

Yidali Kongjun

意大利空军 (Italian Air Force) 意大利共和国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援陆海军作战、空中侦察等任务。意大利是最早将飞机用于战争的国家。1911年9月，在与土耳其的战争中，以9架飞机组成航空队参战，在世界军事航空史上进行了飞机首次侦察轰炸。1912年6月正式建立陆军航空营。1915年5月意加入协约国，参加第一次世界大战，航空营扩编为航空团。在战争中使用本国研制的轰炸机参加了一系列空袭作战。战争结束时，拥有飞机1 778架。1923年3月23日，建立独立空军。1935年10月，参加意大利－埃塞俄比亚战争空中作战。1936年，组成援外兵团参加西班牙内战空中作战，支援佛朗哥反政府军。第二次世界大战期间，对法国、英国、苏联、马耳他、南斯拉夫和希腊等国实施轰炸，参加西西里岛登陆战役空中作战。1943年9月8日意战败投降。战争期间共损失飞机5 272架。战后，根据1947年和约条款，空军得以保留，但飞机数量不得超过350架。1949年4月，意加入北约。1953年开始发展空军，实力逐步壮大，成为北约南翼一支重要的空中力量，并先后参加了“沙漠风暴”行动、北约空袭南联盟等局部战争。

空军参谋部是空军最高指挥机构，驻罗马。下辖作战、部队、后勤、训练4个司令部。空军参谋长是空军最高指挥



空军飞机机徽

官。空军在本土从北向南划分为3个军区。截至2001年，空军兵力5.5万人，占武装力量总兵力的24%。编有8个攻击机中队、6个战斗机中队、2个侦察机中队、1个电子／侦察机中队、1个加油机／运输机／校射机中队、2个联络机／要员专机中队，1个搜索与救援机中队、6个教练机中队。装备各型飞机560余架，其中作战飞机329架，主要为“旋风”、F-104ASA、AM-X、MB-339等机型，机载武器为AIM-9L型空空导弹、AGM-88型空地导弹。地面防空部队编有9个导弹中队，装备“奈基”、“大力神”和“蝮蛇”式地空导弹。

(管有勋)

Nansilafu Kongjun

南斯拉夫空军 (Yugoslavian Air Force) 南斯拉夫联盟共和国武装力量军种之一。主要担负国土防空、支援陆海军作战等任务。1944年4月组建空军分遣队。1945年1月组建独立歼击机大队。第二次世界



空军飞机机徽

大战后，按苏联空军模式建设。编制为空军军、师、团和大队。1949年起接受西方国家军事援助，开始用美国、英国飞机

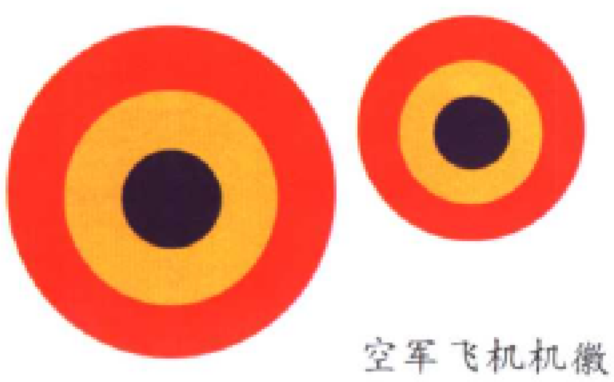
替换苏制飞机。1956年开始用苏制和自制飞机装备部队。90年代初，南联盟的5个共和国先后独立。1999年3～6月，以美国为首的北约空袭南联盟，南防空力量进行了顽强抗击。截至2001年，空军兵力1.95万人，占武装力量总兵力的18.5%。编成1个空军军、1个防空军军，下辖5个攻击机中队、4个战斗机中队、2个侦察机中队、1个反潜直升机中队、8个地空导弹营、15个高射炮团。装备各型飞机280架，其中作战飞机111架，主要为"超海鸥"G-4、"鹰"-2、米格-21、米格-29等机型，机载武器为AA-2、AA-8、AA-10、AA-11等型空空导弹，AGM-65、AS-7等型空地导弹。运输机18架、武装直升机19架。地面防空部队装备SA-3型地空导弹。

2003年2月，南斯拉夫联盟共和国改国名为塞尔维亚－黑山。

（姜　华）

Sai'erweiya-Heishan Kongjun
塞尔维亚－黑山空军 (Serbian and Montenegro Air Force) 见南斯拉夫空军。

Luomaniya Kongjun
罗马尼亚空军 (Romanian Air Force)
罗马尼亚武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负防空作战、支援陆军作战、空中运输等任务。1910年组建陆军飞行队。第一次世界大战后，航空兵归陆军航空部指挥，由侦察机、战斗机和轰炸机3个大队组成，装备飞机72架。在此基础上组建了罗马尼亚第1航空师。第二次世界大战爆发前，装备飞机500多架。1940年11月，德国空军使团控制罗航空兵部队。二战期间，航空兵加入德空


空军飞机机徽

军对苏联作战，在战争中遭受重大损失。1944年10月25日全国解放后，在苏联帮助下组建罗马尼亚社会主义共和国空军。1951年开始大规模发展。1953年开始装备米格-15型歼击机。1955年兵力达到2万人，一线作战飞机约350架。1956年空军与防空军合并为国土防空军。1977年分立为两个军种。1990年两个军种再次合并。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻布加勒斯特。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力1.89万人，占武装力量总兵力的18.3%。编有9个攻击机团、1个战斗机团、1个侦察机中队。装备各型飞机500余架，其中作战飞机307架，主要为IAR-93、米格-21、米格-29等机型，机载武器为AA-2、AA-3、AA-7、AA-10、AA-11等型空空导弹，AS-7型空地导弹。运输机23架，侦察机11架，武装直升机18架。地面防空部队编有2个师，装备AS-2、AS-3型地空导弹。

（姜　华）

Baojialiya Kongjun Fangkongjun
保加利亚空军防空军 (Bulgarian Air and Air Defense Force) 保加利亚共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负支援陆海军作战和国土防空等任务。1912年组建一支小规模陆军航空兵部队。第一次世界大战期间，得到


空军飞机机徽

德国和奥地利援助。1918年9月，保向协约国无条件投降后，陆军航空兵部队被解散。1939年重新组建陆军航空兵部队。第二次世界大战爆发前夕拥有8个航空兵团。1941年3月保加入轴心国联盟，得到德国提供的大量飞机。苏德战争期间，保航空兵部队执行黑海上空巡逻任务。1944年9月，苏军进入保境内后，保共产党领导人民武装起义，建立人民军，接受苏联提供的飞机，装备3个航空兵团和1个独立大队。随着实力增强，于50年代末成立空军防空军。

空军防空军司令部是空军最高指挥机构，驻索菲亚。截至2001年，空军防空军兵力1.83万人，占武装力量总兵力的23.7%。编有1个战术空军集团军和1个防空集团军，辖1个攻击机团、3个战斗机团、1个侦察机团、1个运输机团、2个直升机团，2所航空学校。装备各型飞机320余架，其中作战飞机181架，主要为苏-25、米格-23、米格-21、苏-22等机型，机载武器为AA-2、AA-7、AA-8、AA-11等型空空导弹，AS-7、AS-11等型空地导弹。地面防空部队装备SA-2、SA-3、SA-5、SA-10等型地空导弹。

（姜　华）

Baojialiya Kongjun
保加利亚空军 (Bulgarian Air Force)
见保加利亚空军防空军。

A'erbaniya Kongjun
阿尔巴尼亚空军 (Albanian Air Force)
阿尔巴尼亚共和国武装力量军种之一。主要担负为陆海军提供航空火力支援和空中掩护，协同防空军遂行国土防空作战等任务。1948年在苏联援助下开始建立航空兵部队。1955年加入华沙条约组


空军飞机机徽

织后，空军建设纳入华约体制，装备有所改善。60年代，武器装备依赖中国援助。1974年和1981年，阿军队进行两次大规模改组，空军建设处于停滞状态。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻地拉那。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力4 500人，占武装力量总兵力的16.7%。编有1个攻击机团，2个战斗机团，1个运输机中队，1个直升机团。装备各型飞机170余架，其中作战飞机98架，主要为歼-5、歼-6、歼-7等机型。

（姜　华）

Xila Huangjia Kongjun
希腊皇家空军 (Greek Royal Air Force)
希腊王国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援陆海军作战、与盟国空军配合执行南欧战区空中作战等任务。1912年，陆军建立第一个飞机中队，在巴尔干战争中遂行空中侦察任务。1914年，建立海军航空兵。1919～1922年，希腊－土耳其战争中，陆军航空队遂行了支援地面部队作战、攻击土军基地、在小亚细亚上空夺取制空权等任务。1929年，成立空军部，1931

年5月，陆军航空队和海军航空兵合并为独立空军。第二次世界大战期间，与意大利、德国空军作战，失败后撤至埃及，在北非坚持作战。1952年，希腊加入北约，开始重建空军。

空军参谋部是空军最高领导机构，驻雅典。下辖战术空军司令部、空军训练司令部和空军后勤司令部。空军参谋长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力3万人，占武装力量总兵力的20%。战术空军司令部辖8个作战联队和1个运输联队，编有11个战斗攻击机中队、1个侦察机中队、3个运输机中队、1个直升机中队、4个教练机中队。装备各型飞机580余架，其中作战飞机458架，主要为



空军飞机机徽

A-7H、F-5A/B、F-4E、RF-4、F-16CG、“幻影”F-1CG、“幻影”2000等机型，机载武器为AIM-7、AIM-9L/P、R-550、“超级”530D、AIM-120等型空空导弹，AGM-65、AGM-88等型空地导弹。地面防空部队装备“奈基”Ⅱ、“爱国者”、“麻雀”、“空中卫士”等型地空导弹，35毫米高射炮。

（姜　华）

Aiji Kongjun

埃及空军 (Egyptian Air Force)　阿拉伯埃及共和国武装力量的军种之一。主要担负空袭、支援陆海军作战、协同防空军遂行国土和军队防空、空中侦察、空运等任务。1931年11月，陆军建立航空兵。1938年7月从陆军中分离出来，成立独立空军，称“埃及皇家空军”。第二次世界大战期间，配合英国军队作战。战争结束时，兵力发展到2 200人。1948年第一次中东战争中，埃空军突击以色列空军基地，轰炸特拉维夫市。1952年，埃及共和国成立，皇家空军改为现名，开始换装米格-15等型苏制喷气式飞机，兵力发展到3 500余人、作战飞机80余架。1956年10月在第二次中东战争空中作战中遭重大损失。第三次中东战争前，在苏联帮助下得到恢复，拥有作战飞机430余架。1967年6月第三次中东战争空中作战中，遭以色列空军猛烈突击，兵力损失大半。1968年，埃及开始改组武装力量，于1969年6月23日成立防空军，实行空防分立体制。1973年10月，参加第四次中东战争空中作战。战后，埃空军实行“武器来源多样化政策”，除本国制造飞机外，还从美、法、英、中等国购买飞机，至80年代，装备了F-16、“幻影”2000、E-2C等型飞机，步入现代化建设阶段。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻开罗。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力2.9万人，占武装力量总兵力的6.5%。装备各型飞机1 020余架，其中作战飞机580架，主要为“阿尔法喷气”、F-16A/B/C/D、“幻影”-5D/E、歼-6、歼-7、F-4E等机型，机载武器为AA-2、AIM-7E/F/M、AIM-9F/L/P、R-530、R-550等型空空导弹，AGM-65、AM-39、AS-12、AS-30、AS-30L、AGM-119等型空地



空军飞机机徽

导弹。预警机5架，电子战飞机10架，侦察机20架，武装直升机105架。

防空军兵力7.5万人，占武装力量总兵力的16.9%。编有4个防空师，1个地区旅。下辖40个SA-2型地空导弹营、53个SA－3型地空导弹营、14个SA-6型地空导弹营、12个改进型“霍克”地空导弹连、12个“小檞树”地空导弹连、14个“响尾蛇”地空导弹连，100个高射炮营。

（崔连祥）

Tunisi Kongjun

突尼斯空军 (Tunisian Air Force)　突尼斯共和国武装力量军种之一。主要担负支援陆海军作战和防暴乱作战等任务。1960年正式组建空军。由瑞典空军帮助训练空、地勤人员。1963～1965年，从法国和意大利获得20余架飞机和直升机，组建1个防暴/教练机中队。1969年，美国向突提供12架F-86F型战斗机，开始正式组建作战部队。1983～1984年，装备F-5F/E型战斗机，并由美国帮助培训飞行员。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻突尼斯市。截至2001年，空军兵力3 500人，占武装力量总兵力的10%。编有1个战斗攻击机中队、1个反暴机中

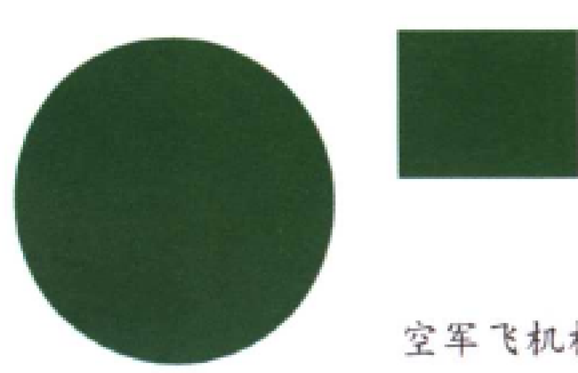


空军飞机机徽

队、1个运输机中队、1个直升机联队和若干小队。装备各型飞机100余架。其中作战飞机51架，主要为F-5F/E、MB-326K/L等机型，机载武器为AIM-9J型空空导弹。（崔连祥）

Libiya Kongjun

利比亚空军 (Libyan Air Force)　大阿拉伯利比亚人民社会主义民众国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战等任务。1959年建立利比亚联合王国皇家空军。初期仅装备4架轻型飞机，由英国皇家空军帮助训练。1963年起，美国开始提供飞机和帮助培训机组人员。1968年装备10架F-5型飞机，开始形成作战能力。1969年9月1日利比亚联合王国被推翻后，皇家空军改称利比亚空军。利中止同美国、英国的联系，转而向法国、苏联购置“幻影”和米格系列飞机，并由其负责人员培训。至80年代初期，装备作战飞机450余架。因本国培训的飞行员不足，大量雇用外籍飞行员，并派飞行员到国外接受初级培训。80年代，利与美国发生4次武装冲突。在1981年8



空军飞机机徽

月19日和1989年1月4日与美海军F-14型舰载机进行的两次空战中，利空军2架苏-22和2架米格-23型飞机被击落。1983年和1987年，利空军两次支援地面部队在乍得北部的作战行动，损失飞机50余架。

利比亚武装部队作战指挥由总统统一负责，空军设有防空司令部。截至2001年，空军兵力2.3万人，占总兵力的30.2%。编有1个轰炸机中队、7个战斗攻击机中队、9个战斗机中队、2个侦察机中队、7个运输机中队。装备各型飞机840余架，其中作战飞机372架，主要为图−22、米格−21、米格−23、米格−25、“幻影”−5D/DE/DD、“幻影”F−1A、苏−20/22D等机型，机载武器为AA−2、AA−6、AA−7、AA−8、SR−530、R−550等型空空导弹，AT−2型反坦克导弹，AS−7、AS−9、AS−11等型空地导弹。防空司令部下辖14～16个地空导弹旅。装备SA−2、SA−3、SA−5A、SA−6、SA−8等型地空导弹。（崔连祥）

A'erjiliya Kongjun

阿尔及利亚空军　(Algerian Air Force)　阿尔及利亚民主人民共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援地面部队作战等任务。1962年11月，接受埃及赠送的5架米格−15型战斗机，在此基础上组建空军。1966年以后，主要由苏联提供武器装备，并负责人员培训。1973年，派出部分部队参加第四次中东战争空中作战。1976年，在与摩洛哥发生的武装冲突中，阿空军对摩境内目标实施



空军飞机机徽

了突击。同年，组建地面防空部队。1989年，分立为空军和防空军两个军种。1990年，空军兵力达1.2万人，拥有作战飞机257架。此后，重视质量建设，裁减部队员额，更新部分武器装备，并再次与防空军合并。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻阿尔及尔。截至2001年，空军兵力1万人，占武装力量总兵力的8%。编有3个战斗攻击机中队、5个战斗机中队、1个侦察机中队、1个通信情报中队、2个海上巡逻机中队、2个运输机中队。装备各型飞机420余架，其中作战飞机176架，主要为苏−24、米格−23BN/B/E、米格−21MF、米格−25等机型，机载武器为AA−2、AA−6、AA−7等型空空导弹。运输机27架，武装直升机63架。地面防空部队编有3个地空导弹团，装备SA−3、SA−6、SA−8等型地空导弹；3个防空高射炮旅，装备85、100、130毫米高射炮。（崔连祥）

Moluoge Huangjia Kongjun

摩洛哥皇家空军　(Moroccan Royal Air Force)　摩洛哥王国武装力量军种之一。主要担负国土防空、支援陆海军作战、空中侦察、空中运输等任务。1956年11月19日成立。组建初期由法国提供飞机并帮助训练飞行员。1961年，开始装备苏联制造的喷气式飞机。1963年后，转由美国、德国提供飞机装备。70年代中期至80年代中期，进入快速发展时期，



空军飞机机徽

形成了以“幻影”、“阿尔法喷气”飞机为主的空中作战力量，并开始部署地空导弹，加强机场对空防御。1980年，由美国提供设备建立了比较完善的地面防空系统。

摩国防行政机构负责军队的行政管理事宜，军队总协调员和国防行政机构秘书协助国王对军队实施领导。截至2001年，空军兵力1.35万人，占武装力量总兵力的6.8%。编有2个攻击机中队、1个战斗机中队、1个侦察机中队、2个防暴机中队。装备各型飞机270余架，其中作战飞机95架，主要为F−5A/B/E/F、“幻影”F−1CH/EH等机型，机载武器为AIM−9B/D/J、R−530、R−550等型空空导弹，“霍特”式、AGM−65型空地导弹。侦察机6架，加油机3架，运输机3架，武装直升机24架。

（王海瑛）

Niriliya Kongjun

尼日利亚空军　(Nigerian Air Force)　尼日利亚联邦共和国武装力量军种之一。截至2001年，空军兵力9 500人，占武装力量总兵力的12.3%。编有3个攻击机/



空军飞机机徽

战斗机中队、2个运输机中队。装备作战飞机80余架，主要为“阿尔法喷气”、“美洲虎”、米格−21等机型，机载武器装备AA−2型空空导弹。

（管有勋）

Tansangniya Kongjun

坦桑尼亚空军　(Tanzanian Air Force)　坦桑尼亚联合共和国武装力量军种之一。



空军飞机机徽

实行空防合一体制。截至2001年，空军兵力3 000人，占武装力量总兵力的9%。编有3个战斗机中队、1个运输机中队。装备各型飞机56架，其中作战飞机19架，主要为米格−17、米格−19、米格−21等机型。地面防空部队装备SA−3、SA−6、SA−7等型地空导弹。

（管有勋）

Zanbiya Kongjun

赞比亚空军　(Zambian Air Force)　赞比亚共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。截至2001年，空军兵力1 600



空军飞机机徽

人，占武装力量总兵力的7.4%。编有1个攻击机中队、1个战斗机中队、1个运输机中队和1个直升机中队。装备作战飞机71架。主要为歼−6、米格−21MF等机型，机载武器为AT−3反坦克导弹。地面防空部队编有1个营，装备SA−3型地空导弹。（管有勋）

Jinbabuwei Kongjun

津巴布韦空军 (Zimbabwean Air Force)

津巴布韦共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空、支援地面部队作战、防暴乱作战和空中



空军飞机机徽

侦察等任务。1980年4月18日津巴布韦独立后，随即组建空军。主要由英国和中国提供飞机装备，并负责培训飞行人员。80年代末，空军兵力发展到3 000人，编有9个飞行中队。90年代，空军兵力有所增加，换装新型作战飞机，新编高射炮部队。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻哈拉雷。空军司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力4 000人。编有2个攻击机中队、1个战斗机中队、1个教练机／侦察机／联络机中队、1个运输机中队、1个武装直升机中队、1个运输直升机中队。装备各型飞机138架，其中作战飞机52架，主要为“猎人”、“隼”MK60/60A、歼-7等机型。

（崔连祥）

Nanfei Kongjun

南非空军 (South African Air Force)

南非共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空、夺取和保持空中优势、支援陆海军作战、空中侦



空军飞机机徽

察、空中运输、搜索救援等任务。1912年，由英国扶植建立军事航空力量。1920年2月1日，正式成立南非联邦空军。先后参加了第一次世界大战、第二次世界大战、柏林空运、朝鲜战争等。第二次世界大战期间，拥有35个作战飞行中队。1961年5月31日南非退出英联邦后，改国名为南非共和国，空军随之改为现名。60年代至80年代末期，大力发展航空工业，购买、自行研制和与外国联合研制生产飞机，空军武器装备不断得到更新。1980年，空军改革领导指挥体制和部队编成。1994年，对空军部队分阶段进行了合并和调整。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻比勒陀利亚。下辖南方司令部、训练司令部、后勤司令部、战术支援司令部、空中监视司令部、空军学院和防空学院。空军参谋长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力9 250人，占武装力量总兵力的15%。编有2个攻击／战斗机中队，1个电子战／加油机中队，1个海上侦察机中队，5个运输机中队，4个直升机中队。装备各型飞机300余架，其中作战飞机86架，主要为“猎豹”C/D、“英帕拉”MK1/2等机型，机载武器为V-3C、V-4等型空空导弹，“猛禽”、ZT-3、ZT-6等型空地导弹。地面防空部队装备“响尾蛇”、SA-8、SA-9、SA -13型地空导弹。（崔连祥）

Sudan Kongjun

苏丹空军 (Sudanese Air Force)

苏丹共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负维护国内安全、国土防空等任务。1956年1月1日，苏丹摆脱英国殖民统治，宣布独立。1957年，开始组建航空部队，尔后成为独立军种。70～90年代，实行武器装备来源多样化政策。1991年，空军兵力发展到6 000人。90年代，裁减部分人员。空军领导机构驻喀土穆。截至2001年，空军兵力3 000人。占武装力量总兵力的2.6%。编有7个飞行中队，装备各型飞机90余架。其中作战飞机35架，主要为F-5E/F、歼-5、歼-6、歼-7、米格-23等机型，机载武器为AA-2型空空导弹。地面防空部队编有5个地空导弹连，装备SA-2型地空导弹。

（崔连祥）

Aisai'ebiya Kongjun

埃塞俄比亚空军 (Ethiopian Air Force)

埃塞俄比亚联邦民主共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负国土防空和支援陆军作战等任务。1929年，开始组建航空兵。1936年，在意大利-埃塞俄比亚战争空中作战中，航空队被击垮。意大利投降后，埃联邦空军得以恢



空军飞机机徽

复。1946年后，在武器装备和飞行训练等方面得到瑞典的帮助。1960年，美国开始为其提供飞机。1977年，埃联邦与美国关系破裂，改由苏联提供作战飞机和飞行顾问。1964～1982年，埃联邦空军先后在埃索(马里)欧加登战争、埃索边境武装冲突、围剿厄立特里亚“解放阵线”作战中执行轰炸和支援陆军作战等任务。

埃空军总部驻亚的斯亚贝巴。截至2001年，空军兵力2 500人，占武装力量总兵力的1%。装备各型飞机200余架，其中作战飞机51架、主要为米格-21MF、米格-23、米格-27、F-5等机型。另有武装直升机26架。

（杨宇杰）

Suomali Kongjun

索马里空军 (Somalian Air Force)

索马里民主共和国武装力量军种之一。



空军飞机机徽

主要担负空中防御、支援陆海军作战和反暴乱作战等任务。成立于1965年。初期主要依靠苏联提供装备和训练援助。在1977年和1982年两次与埃塞俄比亚发生的武装冲突中，空军损失严重。80年代初苏联停止援助，索空军开始接受美国提供的防空武器。空军训练主要依靠外国帮助进行。

索空军总部驻摩加迪沙。截至1990年，空军兵力2 500人。编有6个战斗机中队、1个反暴乱飞机中队、1个运输机中队和1个直升机中队。装备各型飞机100架，其中作战飞机56架，主要为米格-17、“猎人”、米格-21MF、歼-6等机型。（杨宇杰）

Jianada Huangjia Kongjun

加拿大皇家空军 (Canadian Royal Air Force) 加拿大武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。主要任务是：保卫国家领空，向地面、海上部队和地方当局提供空中保障；协同美国空军保卫北美大陆空中安全；参与联



空军飞机机徽

合国和北约军事行动等。

1909年，加拿大开始军事航空活动。第一次世界大战期间，为英国航空部队训练加拿大自治领的飞行人员，同时，2万加拿大人到英航空部队服役。战后，在英国帮助下成立空军委员会，负责管理民航、防空和筹建空军。1920年2月，组建一支非正规的空军部队。1924年4月1日成立加拿大皇家空军，归陆军建制。1938年11月19日成为独立军种。第二次世界大战前夕，实力达4 061人，拥有飞机270架。1939年9月10日加对德宣战。二战期间，加空军为英联邦空军培训大批空、地勤人员，与盟国特别是英国空军一起对敌作战，最多时派出90个中队，同时担负保卫本国领空、领海的任务。战后，空军大规模裁减。50年代开始，装备上不再依赖英国，改用本国和美国生产的飞机。1957年8月，与美国联合成立“北美防空司令部”，统一组织美、加防空力量。60年代以来，主要致力于装备现代化，并尽量依靠本国航空工业生产的飞机装备空军。先后装备F－101F、F－104、F－5A、P－3C等型飞机。80年代引进F－18型飞机。二战后，加空军先后参加过朝鲜战争、“沙漠风暴”行动、北约空袭南联盟等局部战争。

空军司令部是空军最高领导机构，驻温尼伯。下辖作战司令部、地区作战控制中心、北美防空司令部加拿大地区司令部。空军参谋长是空军最高行政长官。截至2001年，空军兵力1.35万人，占总兵力的23.8%。编有1个航空师，下辖13个飞行联队。装备各型飞机500余架，其中作战飞机140架，主要为CF－18A/B、CP－140A等机型，机载武器为AIM－7M型空空导弹。空中加油机5架，运输机52架。 （管有勋）

Meiguo Kongjun

美国空军 (U.S. Air Force) 美利坚合众国武装力量军种之一。北大西洋条约组织空中力量组成部分。由战略导弹部队、战略航空兵部队、战术航空兵部队和军事空运部队等组成。主要任务是：实施战略核打击，遂行各种常规作战任务，独立实施空中战役，协同其他军种作战等。

简史 1907年8月1日，美军在陆军通信兵团设立航空科。1909年8月2日，航空科装备第一架军用飞机。1913年3

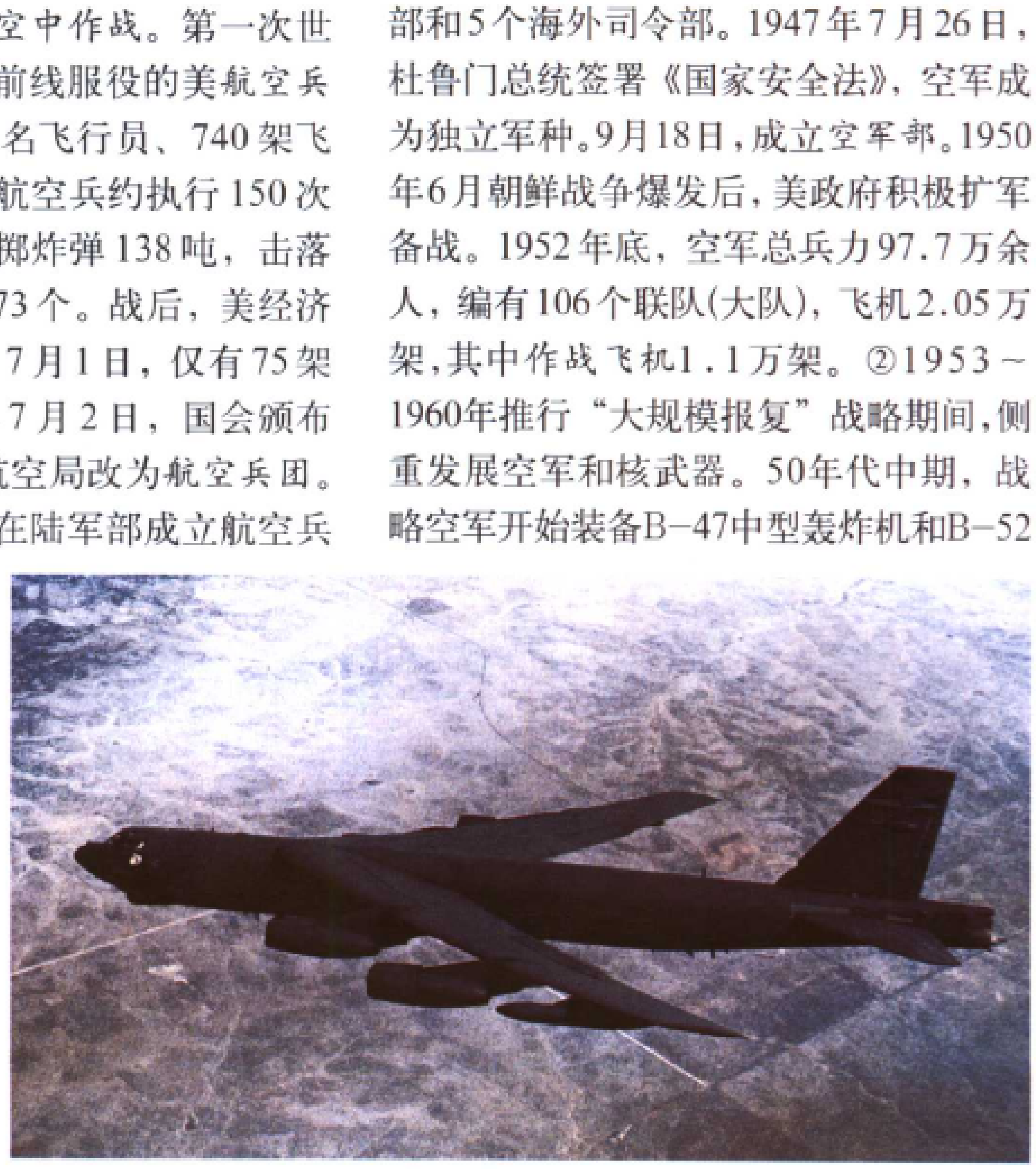


空军飞机机徽

月，在得克萨斯市成立第1航空中队，1914年4月被派往墨西哥配合美国远征军作战，执行空中侦察、传递情报等任务。7月，航空科扩编为航空处。1917年4月美国对德国宣战时，陆军航空兵有1 200余名官兵、55架飞机和1个成建制的作战中队。1918年5月21日，航空处脱离通信兵团，成立陆军航空局。1918年9～11月，参加圣米耶勒战役空中作战。第一次世界大战结束前，在前线服役的美航空兵有45个中队、767名飞行员、740架飞机。战争期间，美航空兵约执行150次轰炸突击任务，投掷炸弹138吨，击落敌机781架、气球73个。战后，美经济萧条，截至1924年7月1日，仅有75架飞机服役。1926年7月2日，国会颁布航空兵团法，陆军航空局改为航空兵团。1935年3月1日，在陆军部成立航空兵总部，领导分散的航空兵部队。

第二次世界大战爆发后，美国航空兵迅速扩编。1941年3月，成立第1、第2、第3、第4航空队。6月20日，陆军航空兵团扩编为陆军航空队，并组成独立的参谋部和后勤指挥部。12月7日，日本海军联合舰队空袭珍珠港，美陆、海军航空队遭受严重损失后，陆军航空队迅速调整部署，扩充实力。1942年5月，在珊瑚海战役空中作战中，陆、海军航空兵协同作战，首次取胜。6月，在中途岛战役空中作战中，再次取胜。同时，在支援海上登陆作战中亦发挥重要作用。1942年8月开始，参加英美对德战略轰炸。1944年6月，参加诺曼底登陆战役空中作战。1944年6月～1945年8月，美军对日战略轰炸。1945年8月，美军原子弹轰炸日本，加速了日本投降。在西北非和地中海战场，陆军航空队与英国皇家空军一起支援西北非攻防作战和西西里登陆作战，参与夺取地中海战略制空权的斗争，空袭意大利中部和北部的交通线，支援盟军在意大利半岛的攻防战役。在西欧战场，陆军航空队主要用于战略轰炸和支援地面部队作战。二战结束前，陆军航空兵拥有兵力约228万人，编有16个航空队，245个大队，装备飞机7.27万余架。

二战结束后，航空兵的建设随着美军事战略的改变而变化。①1945～1952年推行“遏制战略”期间，优先发展航空兵。1946年3月12日，在陆军航空队的基础上成立战略空军司令部、战术空军司令部、防空司令部，5个本土支援司令部和5个海外司令部。1947年7月26日，杜鲁门总统签署《国家安全法》，空军成为独立军种。9月18日，成立空军部。1950年6月朝鲜战争爆发后，美政府积极扩军备战。1952年底，空军总兵力97.7万余人，编有106个联队(大队)，飞机2.05万架，其中作战飞机1.1万架。②1953～1960年推行“大规模报复”战略期间，侧重发展空军和核武器。50年代中期，战略空军开始装备B－47中型轰炸机和B－52



B－52轰炸机



F/A － 22战斗攻击机

重型轰炸机，并先后在海外成立3个空军师和1个航空队；1953年，美国制成氢弹；1957年12月，首次完成“宇宙神”洲际导弹试射计划；1959年，第一代洲际导弹开始部署。空军兵力占三军总兵力的比例由1952年的27%上升至1960年的32.9%。③1961～1968年推行“灵活反应”战略期间，加强战略导弹和战略轰炸机进攻力量。洲际导弹数量由63枚增至1 054枚，并由“民兵”Ⅱ取代“宇宙神”和“大力神”Ⅰ型导弹，开始研制和试射“民兵”Ⅲ型导弹；提高B－52重型轰炸机的性能；1968年底，空军战略轰炸机数量增至400架；战术空军由16个飞行联队增加到24个；1965年，空军建立“特种部队”，组建6个空中突击中队；开始生产FB－111型可变翼轰炸机；越南战争期间，美空军先后组织“滚雷”行动和“后卫”Ⅰ、“后卫”Ⅱ空中战役，轰炸越南北方，在越南南方战场进行直接空中支援和实施广泛的空中机动作战；1968年底，侵越美空军兵力达到最高峰，参战的固定翼飞机和直升机近6 000架，兵力11.8万人。④1969～1980年推行“现实威慑”战略期间，空军建设以战略核力量为基础，以常规部队为重点，削减兵力，更新装备。开始研制MX型洲际导弹和B－1B重型轰炸机，改装B－52G和B－52H重型轰炸机，使之能运载空射巡航导弹；1970年12月，组建第一个“民兵”Ⅲ洲际导弹中队；空军兵力从79万人精减到55万余人；1980年，A－10攻击机中队增至9个，F－16战斗机中队增至3个，E－3A型空中警戒与控制飞机增至20架。⑤1981～1988年推行“新灵活反应”战略期间，建立攻防兼备的战略力量体系。核武器保持质量优势，加速更新换代，“大力神”Ⅱ型导弹全部退役，“民兵”Ⅲ型导弹全部换装MK－12A型弹头，MX型导弹开始部署，“侏儒”小型机动洲际导弹研制工作全面展开，100架B－1B重型轰炸机装备部队，B－52G、B－52H重型轰炸机换装空射巡航导弹，B－2型隐身轰炸机试飞；着重提高常规力量现代化水平，淘汰F－105、F－106、F－4、A－7等型旧式飞机，F－15E型战斗轰炸机开始装备部队；加强“低强度”战争准备，提高部队快速反应能力，1983年3月，成立第2空军师，负责特种作战部队的指挥和训练，10月，参加美军入侵格林纳达空中作战；调整组织机构，1985年9月1日，成立航天司令部，统一领导空军全部外层空间活动，1985年12月6日，战术空军所属防空司令部改组为第1航空队；加强北美防空作战，1986年9月8日，在韩国成立第7航空队，突出东北亚的防务重点，12月19日，撤销航空空间防御司令部，其任务移交给空军航天司令部和北美航空航天防御司令部。

1989年以后，美国先后推出应付地区性冲突为重点的新军事战略，空军提出“全球到达、全球力量”战略指导思想，在空军建设上：①压缩部队规模。1989年空军现役人员57.09万人，编制各类中队415个(现役266个，后备役149个)，战术作战飞机2 353架，轰炸机366架，洲际导弹1 000枚，本土基地设施135处，海外基地设施121处；1996年，现役人员减至39万人，各类中队编制减至360个(现役212个、后备役148个)，战术作战飞机减至1 798架，轰炸机减至183架，洲际导弹减至580枚，本土基地设施减至73处，海外基地设施减至17处。②改革指挥体制。1991年，成立空军情报司令部，1993年10月1日改编为空军情报局；1992年6月1日，撤销战略空军司令部、战术空军司令部和军事空运司令部，在此基础上成立空中作战司令部和空中机动司令部，分管本土作战飞机、指挥控制、向联合司令部提供作战部队和空中运输、空中加油、空中医疗撤运；1992年7月1日，后勤司令部和系统司令部合并为空军器材司令部，负责武器装备研究、发展、生产采购和全寿命跟踪保养；1993年7月1日，训练司令部和空军大学合并为空军教育与训练司令部，统管技术训练、飞行训练和专业训练；扩大航天司令部的职能，将空中作战司令部管辖的洲际导弹部队全部移交航天司令部管辖；1995年5月22日，在第23航空队的基础上组建空军特种作战司令部；1997年2月17日，空军后备队升格为空军后备队司令部。③调整部队编制。1992年开始组建混编飞行联队，航空队由行政管理型改为作战指挥型，撤销全部19个现役空军师；作战飞行联队由联队、中队两级编制改为联队、大队、中队3级编制。④保持技术优势。装备F－117A型隐身战斗轰炸机、B－1、B－2战略轰炸机，发展F/A－22型战斗攻击机和“联合攻击战斗机”，拟在2005～2010年具备初始作战能力；用C－17新型运输机代替C－141型运输机；对现役作战飞机进行现代化改装，改进并发展精确制导武器。⑤注重战备训练。训练以快速反应、应急派遣、远程机动、夜间作战、电子战和联合作战等科目为重点；组织远程机动、特种作战、多军种联合演习，并与盟国举行联合演习等。⑥参加海外作战。1989年12月入侵巴拿马战争中，首次使用F－117A型隐身战斗机实施轰炸。1991年1～2月，作为主要力量实施“沙漠风暴”行动。1995年8～9月，出动100多架作战飞机与部分北约国家联合对波黑塞族进行大规模空袭。


A － 10攻击机



F－117A 隐身战斗机

1996年9月3、4日，出动6架B－52轰炸机与美海军联合对伊拉克进行巡航导弹攻击。1998年12月17～20日，参加“沙漠之狐”行动。1999年3～6月，作为主要力量参加北约空袭南联盟作战。2001年10～12月，参加美军空袭阿富汗。2003年3～4月，参加伊拉克战争。

体制编制　领导指挥体制实行军政、军令双轨制。空军部是空军最高行政领导机构，负责制定空军建设计划，并监督执行；负责组织空军武器装备的研究发展等工作。驻华盛顿，部长由文职官员担任，任期4年。空军参谋部是空军最高指挥机构，负责就空军各项活动向空军部长提出建议，并通过空军各大司令部对驻全球的美空军部队实施指挥与控制。

美空军分为现役和后备役。现役编有8大司令部，即空中作战司令部、空中机动司令部、空军航天司令部、空军器材司令部、空军特种作战司令部、空军教育与训练司令部、太平洋空军司令部和美国驻欧洲空军司令部。后备役编有空军后备队司令部和美国空军国民警卫队。①空中作战司令部。负责管理轰炸机部队和驻本土的战斗机部队、侦察机部队及部分空运部队，战时负责向美战略司令部提供核打击轰炸机和向地区联合司令部、特种作战司令部提供战区空中力量，以及向北美防空防天司令部提供部队；平时负责所属部队的组织、训练与装备工作，保持部队随时处于能战状态和具备高度的快速部署能力。②空中机动司令部。负责向美武装部队提供“全球到达”力量，即担负为美武装部队提供全球空中运输、空中加油和医疗撤运等任务。管辖所有C－5、C－141、C－17型战略运输机，驻本土的大部分C－130型战术运输机，大部分KC－10、KC－135型空中加油机，全部救护机、航空医疗撤运飞机。③空军航天司令部。负责管理洲际导弹部队、导弹预警雷达、空间探测器和预警卫星、航天发射设施和运载火箭、空间监视雷达和光学跟踪系统等。④空军器材司令部。负责空军所有武器系统的研究、发展、试验、采购、保养、交付使用和后勤支援工作。⑤空军特种作战司令部。负责部署执行特种作战任务的空中力量和提供特种作战部队，执行特种作战任务，进行非常规作战、特种侦察、反恐怖行动等。⑥空军教育与训练司令部。负责招募和训练军官、士兵及文职雇员，对现役空军人员进行初级、高级教育和专业军事技术教育。⑦空军后备队司令部。负责对现役空军部队提供支援；参与实施航空、航天活动，空中指挥与控制等任务，由联邦政府控制。

部队组织编制通常为航空队、联队、大队和中队4级。航空队是空军的战役军团，没有固定编制，可独立遂行战略、战役任务，或支援战区陆海军作战。联队是空军基本战术单位，有飞行联队、陆基洲际导弹联队和勤务保障联队3种类型；飞行联队通常按照机种编成，机种和任务不同，其所辖的中队和飞机数量也不尽相同。大队有作战大队、后勤大队和支援大队3种。中队是空军基本战术分队，有飞行中队、陆基洲际导弹中队和勤务保障支援中队等；战斗机中队一般编制18～24架战斗机；陆基洲际导弹中队一般编制50枚导弹。

作战指挥与控制　空军作战指挥权归空军参谋部、参谋长联席会议和海外战区总部。美国海外战区空军司令部归海外战区总部指挥。平时，战区空军司令官统一指挥控制战区内所有空军部队，作战指令按照战区空军司令部、航空队、联队、大队、中队的顺序逐级下达。本土空军部署到海外战区活动时，由战区空军司令官指挥。战时，战区空军司令部及地面和空中控制机构组成一体化的指挥与控制系统。战区空军司令部设空中作战中心，下设若干处(组)和各军种联络代表组。地面控制机构由战术航空控制中心及所属管制报告中心、管制报告站、雷达站和目标指示组等组成。空中指挥与控制机构由战场空中指挥与控制中心、E－3、E－2C型空中预警与指挥飞机、E－8A型联合监视目标攻击雷达系统、OV－10、OA－10型前进控制飞机等组成。整个系统由一体化的C^4I(计算机、指挥、控制、通信、情报)网络连成一个整体，有效、稳定地保证空中作战，实现战术航空控制中心的作战计划机构与战斗部队之间的联络和对执行攻击、支援任务的飞机实施控制。指挥引导程序一般为：执行任务飞机进入作战区域前，依靠地面控制机构引导；进入作战区域后由空中指挥与控制飞机指挥引导；进入目标区后以机群或编队的领队长机指挥为主，空中指挥控制飞机指挥引导为辅。指挥控制速度快、效能高。侦察卫星将所获敌发射战区弹道导弹的信息经处理后传到作战部队需3分钟；战斗机通过地面情报系统接收E－3预警与指挥飞机的情报到起飞拦截需3～5分钟；战斗机从空中接收E－3预警与控制飞机的情报到执行任务仅需十几秒钟。

防空与防天　美空军已建成一个以防空力量为主体的陆、海、空军和美、加联合的预警、防御和截击相结合的大纵深、多层次的立体防御体系。作战原则坚持统一指挥、提前发现、严密主体防御、积极打击、重点防护。国土防空防天由北



正在研制的F－35战斗机



E－3C预警机

美航空航天防御司令部负责指挥，在北美大陆建成一个以防弹道导弹为主、防轰炸机和巡航导弹为辅，以预警为主、拦截为辅的防空防天体系。预警系统由防空预警系统、导弹预警系统、空间探测与跟踪系统组成。防空预警系统主要预警敌轰炸机、战斗机和巡航导弹，由北方预警系统、超视距雷达系统和空中预警系统构成，装备雷达300余种、E－3型预警机30余架，对超、亚音速飞机可提供1.5～3小时预警时间；导弹预警系统主要预报导弹来袭情况，提供导弹运行的弹道数据，为高级指挥机构提供攻击、制定指挥决策所需数据，由弹道导弹预警系统、潜射导弹预警系统和预警卫星系统构成，主要装备雷达约20部、预警卫星5颗，对洲际导弹预警时间要求提前15～20分钟；空间探测与跟踪系统主要是全面掌握围绕地球运行的各种飞行体，空军空间跟踪系统、陆基电子－光学深空探测站，最远可观测8.7万千米远的深空目标。民间预警系统由全国警报系统、州和地方警报系统组成。防空防天拦截打击系统由空军战斗截击系统和国家导弹防御系统组成，担负拦截轰炸机、巡航导弹以及弹道导弹、卫星和其他空间飞行器的任务，配属航天司令部战斗机中队近110架飞机，其中1个为加拿大空军中队，其他均属空军国民警卫队。

教育训练　分为院校教育和部队训练。院校教育由空军训练与教育司令部直接负责，每年培训约9～10万名军官和士兵。军官必须经过军校培训，空军大学的中队军官学校负责初级专业军事教育，对象是服役4～7年的中尉、上尉军官，学制2周，毕业后任中队一级指挥官或大队参谋军官。空军大学的空军指挥与参谋学院负责中级专业军事教育，对象是服役9～15年、38岁以下的上尉、少校军官，学制10个月，毕业后任大队一级指挥官或联队参谋军官。空军大学的空军战争学院负责高级专业军事教育，对象是服役16～23年的中校、上校军官，学制10个半月至1年，毕业后提升为上校或准将，任联队长以上指挥官或航空队以上机关参谋。空军技术学院负责专业技术军官培训，优秀专业技术军官可以选送到地方大学深造。飞行学员的初级训练由9个训练联队(相当于航校)负责，时间1年，分3个阶段进行，共飞行220小时。部队训练由各大司令部负责。各大司令部根据各自的任务，负责编写制定战术训练教程和大纲，定期进行训练总结。战斗机部队训练分为过渡性训练、改装训练和作战训练3个阶段。过渡训练时间为2个半月，使用教练机对新飞行员进行基本战斗技术和战术训练；改装训练主要依据基本战术训练大纲、改装训练大纲和教官训练大纲组织训练；作战训练主要采用周期循环法，每个周期为6个月，分为3个训练阶段，经过一个周期的作战训练，即可达到作战要求。轰炸航空兵部队训练分为改装训练和作战训练两个阶段。新飞行员完成改装训练后，进入作战部队，经过一个周期(3个月)的作战训练，基本达到作战要求。

实力装备　截至2001年，空军现役兵力35.4万人，占武装力量现役总兵力的25.6%。加上文职和后备役人员，空军兵力为69.2万人，占武装力量总兵力的23.9%。空中作战司令部编有第1、第8、第9、第12航空队，辖26个联队、3个大队。空中机动司令部编有第15、第21航空队，辖12个联队、3个大队。空军航天司令部编有第14、第20航空队，辖7个联队。空军特种作战司令部编有第16特种作战联队，辖3个大队。空军教育与训练司令部编有第2、第19航空队，辖17个联队、3个大队。太平洋空军司令部编有第5、第7、第11、第13航空队，辖9个联队。美国驻欧洲空军司令部编有第3、第16航空队，辖5个联队。后备队司令部编有第4、第10、第22航空队，辖35个联队、4个大队。现役部队装备各型飞机3 628架，其中B－1、B－2、B－52型轰炸机133架，A/OA－10、F－15、F－16、F/A－22、F－117、YF－117型战斗机/攻击机1 385架，机载武器装备AIM－7F、AIM－9、AIM－120等型空空导弹，AGM－86B/C/D、AGM－129A/B型空射巡航导弹，AGM－65G、AGM－84E、AGM－88、AGM－130D/E、AGM－142等型战术空地导弹，AGM－154、AGM－158型联合防区外发射导弹，GBU－27型激光制导炸弹，新型GBU－28型激光制导侵彻炸弹，联合直接攻击弹药(JDAM)，CBU－87型集束炸弹，石墨纤维炸弹。E－3、E－4、E－8、EC－130、RC－135、U－2侦察机/战场管理飞机/C^3I飞机107架，AC－130、MC－130、MH－53型特种作战飞机86架，HC－130、KC－10、KC－135、NKC－135等型加油机294架，C－5、C－9、C－12、C－17、C－20、C－21、C－130、C－141等型运输机460架，AT－38、T－1、T－3、T－6、T－37、T－38等型教练机1 056架，HH－60、UH－1等型直升机87架。装备“民兵”Ⅲ、“和平卫士”洲际导弹550枚。后备队司令部装备各型飞机390架，其中B－52型轰炸机8架，F－16、A/OA－10型战斗机/攻击机104架，WC－130型侦察机/战场管理飞机/C^3I飞机4架，MC－130型特种作战飞机12架，KC－135、


B－2轰炸机

HC-130型加油机73架，C-130、C-141、C-5型加油机168架，HH-60型直升机21架。

展望 ①在部队建设上，建立灵活的组织编制，以利于部队灵活编组和运作，减少从动员到部署的“启动时间”，提高应变能力。②在作战思想和战法上，强化制空权和空间的控制权、空地海天一体化作战、战区和国家导弹防御、全力打赢信息战、非接触和精确打击、全纵深同时打击。③在信息掌握和指挥控制上，建立由广泛分布的网点组成，能够进行全方位数据收集、融合和分析、实时显示、实施命令，具有抗干扰、适应性强，可机动的信息作战指挥控制体系。④在武器装备的发展上，建立高超音速攻击平台，用于战争初始的战略攻击和后续战争发射有效武器击毁关键战略目标，并可随时进入空间作战；发展高速、高机动性能的无人驾驶航空器，装备数架具有洲际作战半径、可以覆盖全球的“攻击星”空基无人驾驶航空器；在美国本土建立由陆基激光系统构成的全球区域打击系统，通过天基反光镜所反射高能光束，攻击空间、大气层或者地面上的目标，具有近乎瞬时反应能力、全范围杀伤能力。⑤在后勤支援上，建立空天补给系统和太空支援系统，为航空器、跨大气层飞行器提供补给，为卫星、其他航天器提供支援，特别是多用途跨大气层飞行器将成为太空运输的平台，辅以变轨器，需要时将其推入更高轨道，对卫星进行维修。建立独立于战区的空运系统，包括研制大型货运飞艇、新概念飞船、超大型飞机和直升喷气飞行器等，提高兵力、装备和物资投送能力。⑥装备和研制新型作战飞机，特别是无人驾驶战斗飞机和机载武器，改装现役作战飞机，进一步提高作战飞机的现代化水平；落实国家、战区导弹防御计划，强化航天作战机构，扩展航天力量职能，在“空地海天一体战”中成为一支重要的作战力量。 （王玉成）



F－111战斗轰炸机

Meiguo haiwai zhanqu kongjun

美国海外战区空军 (U.S. Air Force in Overseas Theaters) 美国驻海外各战区的空军作战部队。作战上由各海外战区司令部指挥，行政上隶属于空军参谋部。主要使命是独立或与战区陆海军协同完成整个战区的作战任务。其编成取决于战区的战略地位、管辖范围、陆军的数量及其任务、战斗行动性质等。具体编制不固定，以便于部队机动和集中使用。战区空军司令部是战区空军最高指挥机构，主要负责制定作战计划，与陆海军协调行动，指挥与控制所属部队。平时，统一指挥控制战区内的所有空军部队，实施逐级指挥，作战命令按照战区空军司令部、航空队、联队、大队、中队的顺序逐级下达。战时，根据战区联合部队指挥体制的要求，启用联合部队空中组成司令部，统一指挥战区内参战各军种的空中力量和导弹部队。空中组成司令部由战区联合部队司令根据战场任务需要授权，陆上作战期间由空军军官任司令，海上作战期间由海军军官任司令。

第二次世界大战后，美空军进行改组时，成立5个海外战区空军司令部，即欧洲、太平洋、大西洋、阿拉斯加和南方空军司令部。截至2001年，美空军在海外设有太平洋空军司令部和美国驻欧洲空军司令部。 （王玉成）

Taipingyang Kongjun Silingbu

太平洋空军司令部 (Command of the Pacific Air Forces) 美国空军驻太平洋战区军种司令部。驻夏威夷州希卡姆空军基地。1957年1月1日由美国远东空军司令部改称现名。作战上接受美军太平洋司令部指挥，在行政和支援系统方面向美空军参谋长负责。主要任务是：计划、实施、协调亚洲和太平洋战区内空中作战；组织太平洋战区空中力量的训练、武器装备配给和维护。职责范围从美国西海岸延伸到亚洲东海岸，从北极延伸到南极。编有司令、参谋长各1人，下设作战、情报、人事、后勤、规划、安全、工程与勤务、通信与电子战等8个职能部门，截至2001年，总兵力4.5万人，编有第5、第7、第11、第13航空队。装备各型飞机325架，其中作战飞机264架，主要为F-16C/D、F-15C/D/E、E-3B/C、A/OA-10A等机型。第11航空队驻美国阿拉斯加州埃尔门多夫空军基地，前身是阿拉斯加空军司令部，辖第3、第4联队，主要任务是组织实施、控制和协调阿拉斯加地区的空中作战行动，并支援太平洋战区空中作战；第5航空队驻日本横田空军基地，辖第18、第35、第374联队，主要任务是协助日本航空自卫队保卫日本国土，并支援朝鲜半岛及远东其他地区的空中作战行动；第7航空队驻韩国乌山空军基地，辖第8、第51联队，主要任务是负责朝鲜半岛地区的空中作战；第13航空队驻关岛安德森空军基地，辖第36联队和第497中队，平时不辖作战部队，由第5、第7、第11航空队所属F-15、F-16型飞机轮换驻防，根据需要作战部队可随时扩充。

（王玉成）

Meiguo Zhu Ouzhou Kongjun Silingbu

美国驻欧洲空军司令部 (Command of the U.S. Air Forces in Europe) 美国空军驻欧洲战区的军种司令部。驻德国拉姆施泰因空军基地。1945年8月7日，由欧洲美国战略空军司令部改称现名。作战上接受美军欧洲司令部指挥，在行政和支援系统方面向美国空军参谋长负责。主要执行美军和北约组织的航空与空间任务，负责向欧洲、非洲部分地区和地中海、中东地区的作战行动提供支援，包括近距离空中支援、防空、侦察、战略和战术空运以及海上支援。编制有司令、参谋长各1人，下设作战、计划、通信、后勤、工程与勤务等部门。截至2001年，总兵力3.17万人，编有第3、第16航空队。装备各型飞机224架，其中作

战飞机173架，主要为F-15C/D、F-16C/D/E、A/OA-10等机型。第3航空队驻英国米登霍尔空军基地，辖第48、第52、第86、第100联队，主要任务是负责中欧地区和西北欧地区的作战行动，兼负对整个欧洲战区的空中作战行动进行支援；第16航空队驻意大利阿维亚诺空军基地，辖第31、第39联队。主要任务是负责南欧、地中海、中东和北非地区的空中作战行动。（王玉成）

Beimei Hangkong Hangtian Fangyu Silingbu
北美航空航天防御司令部 (North American Aerospace Defense Command) 美国与加拿大建立的多兵种联合防空作战指挥机构。驻美国科罗拉多州彼得森空军基地。以美国为主，成立于1957年。1958年5月12日美、加两国正式签署协议，定名为北美防空司令部，统一管理和指挥北美大陆的美、加防空力量。其任务包括对导弹、飞机的各类预警、监视与跟踪、拦截等。1981年5月12日，为适应其"空间监视、导弹预警等相关职责"，更名为北美航空航天防御司令部。直属美军参谋长联席会议领导。司令由美国空军将领担任，副司令由加拿大空军司令担任。美方通过参谋长联席会议主席和国防部长向美国总统报告，加方通过加拿大国防参谋长和国防部长向加拿大总理报告。司令部指挥所设在科罗拉多州夏延山，内有司令部的主要指挥与控制机构。根据防空作战需要，将北美大陆按照地理位置划分为美国本土、阿拉斯加和加拿大3个大防空区。又将美国本土防空区划分为东北、东南、西部3个防空区(防空扇区)，将加拿大防空区划分为东、西2个防空区(防空扇区)。1981年5月后，负责统一管理和指挥北美大陆的防空防天力量，包括对导弹和飞机的各类预警系统、空间监视与跟踪系统、各防空区的探测跟踪与拦截武器系统等。1985年后，只负责指挥北美各防空区的作战，将导弹预警、空间监视、防空预警等任务移交给新成立的美国航天司令部。美国航天司令部负责向北美航空航天防御司令部提供导弹预警、空间监视方面的支援，并配合北美航空航天防御司令部对针对北美大陆的飞机、导弹和空间攻击做出综合性战术预警和判断。截至2001年，配属北美航空航天防御司令部的飞行中队共9个，飞机约180架，主要为F-15、F-16型战斗机。用于战区反导作战的武器包括具备战区反导能力的"爱国者"Ⅱ、"爱国者"Ⅲ、改进型"霍克"地空导弹和改进的"标准"Ⅱ型舰对空导弹。2002年10月1日，美军北方司令部成立，北美航空航天防御司令部及所属部队由北方司令部管辖。（王玉成）

Meiguo Kongjun Di-5 Hangkongdui
美国空军第5航空队 (U.S. 5th Air Force) 美国太平洋空军司令部所属战役军团。驻日本横田空军基地。主要担负美军在日本和韩国及远东其他地区的空中作战任务。前身为美国陆军航空兵驻菲律宾司令部，1941年8月组建，10月改称美国驻远东空军。1942年1月，在此基础上成立陆军第5航空队，首任司令L·布里尔顿少将。在太平洋战争中，该航空队参加马绍尔群岛、新几内亚岛、帕劳群岛、马里亚纳群岛和菲律宾群岛等战役，主要担负破坏日本海上交通线，轰炸日军基地，直接支援地面部队作战等任务。1944年，隶属于重建的美国驻远东空军。1945年7月进驻日本冲绳，参加支援对日本本土登陆作战。太平洋战争结束后，航空队司令部先后驻东京、名古屋等基地。1950年朝鲜战争爆发后，入朝参战，同时负责指挥第13、第20航空队的参战部队，多次与中国人民志愿军空军交战。战后，航空队司令部返回日本。1955年在台湾设立特遣司令部，1975年撤销。越南战争期间派部队参战。战后，多次执行应付突发事件等紧急任务。截至2001年，兵力1.3万人，辖第18混编联队、第35战斗机联队、第374空运联队和嘉手纳、三泽、横田3个基地。装备飞机140架，其中作战飞机84架，主要为F-15C、F-16型战斗机。空中加油机15架，直升机8架，运输机23架，警戒与控制飞机2架，特种作战飞机8架。（王玉成）

Meiguo Kongjun Di-13 Hangkongdui
美国空军第13航空队 (U.S. 13th Air Force) 美国太平洋空军司令部所属战役军团。驻关岛安德森空军基地。1943年1月，在新喀里多尼亚岛组建，首任司令N·特文宁少将。在太平洋战争期间，击落山本五十六座机；参加所罗门战役，突击和压制日军太平洋拉包尔和特鲁克基地，击溃驻新不列颠岛日军航空兵部队；配合美陆海军实施新几内亚、马里亚纳群岛、菲律宾群岛3次战役；对日军占领的荷属东印度群岛实施持续轰炸。1950年8月派遣所属第18战斗轰炸机大队参加朝鲜战争。1960年初，以驻台湾"联合情报中心"的名义，派遣侦察机从菲律宾基地起飞入侵中国西南部地区。



第13航空队在克拉克机场

越南战争期间，派指挥机构和作战部队支援南越军队作战。1977年10月，移驻菲律宾克拉克空军基地，担负美军驻东南亚、西南太平洋、印度洋地区的空中作战任务。1991年11月，移驻安德森空军基地。截至2001年，辖第36空军基地联队、第497战斗机训练中队，关岛安德森、新加坡巴耶黎巴2个空军基地。第36联队驻安德森空军基地，负责基地管理，对临时进驻或转场的重型轰炸机和战斗机进行保障。第497战斗机训练中队驻巴耶黎巴空军基地，平时不编制作战部队，由第5、第7、第11航空队轮流派遣6架F-15、F-16战斗机驻防，与新加坡空军进行联合训练。根据需要作战部队可随时扩充。（王玉成）

Meiguo Kongjun Di-14 Hangkongdui
美国空军第14航空队 (U.S. 14th Air Force) 美国航天力量的重要组成部分。隶属于空军航天司令部。驻加利福尼亚州范登堡空军基地。主要担负导弹预警、空间监视、火箭发射和卫星控制等任务。1993年7月1日组建，沿用原陆军第

14航空队名称。截至2001年，辖第21、第30、第45、第50航天联队。第21航天联队驻科罗拉多州彼得森空军基地。主要担负导弹预警和航天控制任务。管理的装备有647卫星预警系统、“铺路爪”雷达、环形搜索雷达攻击目标特征显示系统、常规雷达和莫伊空间监视设施、陆基电子光学空间监视系统、相控阵雷达、机械跟踪雷达。第30航天联队驻范登堡空军基地。主要担负航天发射(含商业发射)与跟踪、空间与导弹系统测试支援任务。管理的装备有发射跟踪设施、运载火箭。第45航天联队驻佛罗里达州帕特里克空军基地。主要担负国内外航天发射与跟踪、宇宙飞船、“三叉戟”导弹试射支援任务。管理的装备有发射与跟踪设施、运载火箭等。第50航天联队驻科罗拉多州施里弗空军基地。主要担负指挥与控制国防部的卫星任务，管理的装备有各种卫星、卫星指挥与控制设施，包括美空军设在世界各地的8个跟踪站。

(王福玲)

Meiguo Kongjun Di-15 Hangkongdui

美国空军第15航空队 (U.S. 15th Air Force) 美国空军机动司令部下属的运输机与加油机部队。驻加利福尼亚州特拉维斯空军基地。前身是陆军第15航空队，1944年10月组建。第二次世界大战期间在欧洲战场参加英美军对德战略轰炸。1947年7月，改隶空军战略司令部。主要管辖战略打击力量，包括战略导弹、战略轰炸机和战略侦察机部队。装备B-52重型轰炸机，RC-135、SR-71、U-2型战略侦察机，“民兵”Ⅱ、“民兵”、“大力神”Ⅱ型战略导弹。90年代初期，美空军进行组织编制调整，该航空队改隶空军机动司令部，主要装备运输机和空中加油机，担负太平洋战区的空中运输和空中加油任务。截至2001年，辖第22、第92、第319空中加油机联队、第62、第375空运联队、第60空中机动联队、第317空运大队。装备C-5A、C-5B、C-9A、C-21、C-141B型运输机100余架，KC-10A、KC-135R、KC-135T型空中加油机120余架。 (王福玲)

Meiguo Kongjun Guomin Jingweidui

美国空军国民警卫队 (U.S. Air Force National Guard) 美国空军后备役部队的组成部分。成立于1947年9月18日，总部设在华盛顿市五角大楼。平时，为各州政府的地方武装组织，在州的法律权限内维护治安，参加抢险和缉毒工作；战时或国家处于紧急状态时转入现役，用于国内防空或派往海外战区执行作战任务。分别配属于空中作战司令部、教育与训练司令部、航天司令部、特种作战司令部、空中机动司令部、太平洋空军司令部。美国空军国民警卫队设有专门机构培训飞行人员和各类专业技术人员，按空军参谋部批准的统一计划进行训练。飞行人员每年飞行训练120小时，其中在职训练70小时，集中训练30～50小时。截至2001年，总兵力10.8万人。6个攻击机联队、2个轰炸机联队、30个战斗机联队、2个搜索与救援联队配属给空中作战司令部；4个战斗机联队、1个运输机联队配属给教育与训练司令部；2个航天中队配属给航天司令部；1个特种作战联队配属给特种作战司令部；22个空运联队、17个空中加油机联队配属给空中机动司令部；2个空运联队、1个战斗机联队、1个搜索与救援联队、2个空中加油机中队配属给太平洋空军司令部。装备各型飞机1 158架。其中B-1B型轰炸机16架，F-16、F-15型战斗机、A/OA-10A攻击机650架，EC-130E型特种作战飞机4架，C-130、C-5A、C-141C等型运输机259架，KC-135、HC-130型空中加油机211架，HH-60G型直升机15架。 (王玉成)

Meiguo Di-82 Kongjiangshi

美国第82空降师 (U.S. 82nd Airborne Division) 美国组建最早、参战最多的空降部队。驻北卡罗来纳州布拉格堡，隶属于陆军第18空降军。前身是第82步兵师，1942年3月改编为第82空降师，首任师长M.B.李奇微少将。1943年5月，从国内调往摩洛哥的卡萨布兰卡，6月底进驻突尼斯。之后在西西里岛登陆战役、萨莱诺登陆战役、诺曼底登陆战役和阿纳姆战役中实施空降作战，并参加了意大利南部战役、意大利中部战役和阿登战役。1945年4月，渡过莱茵河、易北河，作为仪仗队进驻柏林。1946年1月返回美国，担任本土战略预备队。1957年，改编制为5旅制。1964年，改为3旅制，辖9个空降营、1个装甲营及若干个保障单位。平时1/3的兵力处于待命状态。60年代以后，多次参加军事行动。1965年4月，派遣1个旅前往多米尼加进行军事干预。1968年2月，派遣1个旅参加越南战争美军空中作战。1983年10月，派遣1个旅参加美军入侵格林纳达空中作战。1989年12月，派遣1个旅、2个航空营和一些支援单位参加入侵巴拿马。1991年2月，参加海湾战争。2003年3～4月，参加伊拉克战争。该师作战中通常编入空降军或特遣部队，亦可独立遂行任务。根据美军统帅部的要求，在紧急情况下通过空运投送，其先头部队(通常1个营的兵力)在18小时内到达指定地区，1个旅在24小时内到达，全师在4昼夜内到达。该师对美军空降作战理论的实践与发展起到了重要作用。 (胡复生 王玉成)

Moxige Kongjun

墨西哥空军 (Mexican Air Force) 墨西哥合众国武装力量军种之一。主要担负国土防空、维持国内秩序和空中运输等任务。1915年组建“正规军航空队”。1924年正式成立空军。1930年辖1个飞行团和1所飞行学校。1931年组建第2个飞行团。第二次世界大战期间，墨于1942年4月1日对轴心国宣战，开放部分机场供盟军使用。以美国提供的飞机发展空军，成立两所飞行学校。部分部队遂行了墨海岸反潜巡逻任务。



空军飞机机徽

空军司令部是空军最高指挥机构，驻墨西哥城，下辖参谋部和总监部。航空部队编成大队和中队。截至2001年，空军兵力1.18万人，占武装力量总兵力的6.1%。编有1个战斗机中队、9个反暴机中队、1个侦察(照相)机中队、1个武装直升机中队、1个搜索与救援机中队、5个运输机中队、1个总统专机队和1个空军基地旅。装备各型飞机560余架，其中作战飞机107架，主要为F-5、PC-7、AT-33等机型。侦察机16架，运输机40架，武装直升机71架。

(王寿沛)

Weidimala Kongjun

危地马拉空军 (Guatemalan Air Force)

危地马拉共和国武装力量军种之一。主要担负反暴乱作战任务。1929年成立陆



空军飞机机徽

军航空队。1945年成立危地马拉空军。空军司令部是空军最高指挥机构，驻危地马拉城。截至2001年，空军兵力700人，占武装力量总兵力的2.2%。编有2个反暴机中队、1个运输机中队、1个联络机中队、1个直升机中队和1个保安大队。共有各型飞机68架，其中作战飞机10架，运输机12架，武装直升机12架。

（王寿沛）

Sa'erwaduo Kongjun

萨尔瓦多空军 (Salvadoran Air Force)

萨尔瓦多共和国武装力量军种之一。主要担负国土防空、反暴乱作战、空中运输等任务。20世纪20年代建立军事航空队，辖1个侦察机小队和1个战斗机小队，共6架飞机。第二次世界大战结束后，从美国得到一批教练机。1947年，美军事航空使团对萨军事航空队进行全面改组。空军司令部是空军最高指挥机构，驻圣萨尔瓦多。截至2001年，空军兵力1100人，占武装力量总兵力的



空军飞机机徽

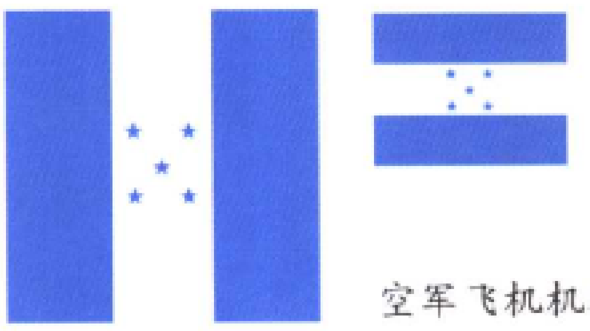
6.5%。编有1个反暴机中队、1个运输机中队、1个武装直升机中队、1个运输直升机中队，1个空降伞兵营。装备各型飞机100余架，其中作战飞机23架，主要为A/OA-37、O-2A/B等机型，机载武器为“蜻蜓”式空空导弹。运输机13架，武装直升机21架。地面防空部队编有1个高射炮营，为陆军编制，归空军指挥，装备20毫米高射炮。

（王寿沛）

Hongdulasi Kongjun

洪都拉斯空军 (Honduran Air Force)

洪都拉斯共和国武装力量军种之一。主要担负国土防空、空中运输等任务。20世纪



空军飞机机徽

20年代初期，开始购买飞机并建立国立航空学校。1947年后，从美国得到少量飞机，组成了第1个战斗机中队。空军司令部是空军最高指挥机构，驻特古西加尔巴。截至2001年，空军兵力1 800人，占武装力量总兵力的21.7%。编有1个攻击机中队、1个战斗机中队、1个运输机中队、1个联络机中队、1个直升机中队、1个教练机中队。装备各种型号飞机140余架，其中作战飞机49架，主要为A-37B、F-5E/F等机型。机载武器为“蜻蜓”式空空导弹。

（王寿沛）

Nijialagua Kongjun

尼加拉瓜空军 (Nicaraguan Air Force)

尼加拉瓜共和国武装力量军种之一。主



空军飞机机徽

要担负国土防空、空中运输等任务。1938年6月9日成立国民警卫航空队。1981年之前主要接受美国援助。1981年尼加拉瓜成立左翼政府后，美国及其他西方国家停止援助，尼空军转而接受苏联、保加利亚、利比亚等国的援助。空军司令部是空军最高指挥机构，驻马那瓜。截至2001年，空军兵力1 200人，占武装力量总兵力的7.5%。装备各型飞机24架，其中运输机7架，直升机16架、教练机1架。地面防空部队编有1个高射炮大队，装备23、37毫米高射炮。

（王寿沛）

Guba Kongjun

古巴空军 (Cuban Air Force) 古巴共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战、空中运输等任务。1915年筹建飞行团。1917年派人赴美国接受空、地勤培训。1934年在国防部成立航空兵处，负责领导和管理航空兵。第二次世界大战期间建立航空兵后备学院。接收美国提供的教练机、联络观察机以及水陆两用飞机45架。战后，美又提供一批战斗机、轰炸机、运输机和教练机。1955年成立独立空军，兵力约2 000人，编有战斗机中队、轰炸机中队、海上侦察机中队、运输机中队各1个，及飞行训练学校。1959年1月古巴革命胜利后，从旧政府军中接收全部武器装备。1960年2月开始大量接收苏联援助的武器。



空军飞机机徽

空军司令部是空军最高指挥机构，驻哈瓦那。飞行部队按旅、中队编成，地空导弹部队按照旅、营编成。截至2001年，空军兵力8 000人，占武装力量总兵力的17.4%。编有2个强击机中队、4个歼击机中队、4个运输机中队。装备各型飞机290余架，其中作战飞机130架，主要为米格-21、米格-23、米格-29等机型，机载武器为AA-2、AA-7、AA-8、AA-10、AA-11型空空导弹，AS-7型空地导弹。运输机33架，教练机59架，直升机90架。地面防空部队装备AS-2、AS-3型地空导弹。

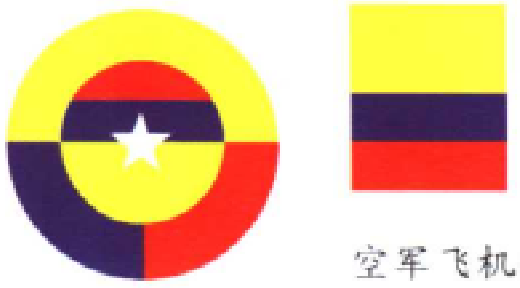
（王福玲）

Gelunbiya Kongjun

哥伦比亚空军 (Colombian Air Force)

哥伦比亚共和国武装力量军种之一。主要担负防暴乱作战、空中运输等任务。1922年在陆军中建立第一支航空队。1943年在美国军事航空使团帮助下成立独立空军，隶属于国防部，设空中作战、战术空中支援、军事空运和空军训练4个司令部。截至2001年，空军兵力7 000人，占武装力量总兵力的4.4%。编有2个战斗攻击机中队、1个侦察机中队、1个反暴乱飞机中队、1个运输机中队。装备各型飞机220余架。其中作战飞机58架，主要为“幻影”V、“幼狮”C2、A-37B、OV-10、

AC-47等机型，机载武器为AIM-9、R-530、“怪蛇”Ⅲ型空空导弹。运输机22



空军飞机机徽

架，武装直升机55架。地面防空部队装备“空中卫士”、“麻雀”式地空导弹。

（赵德平）

Weineiruila Kongjun

委内瑞拉空军 (Venezuelan Air Force)

委内瑞拉共和国武装力量军种之一。1920年4月创建陆军航空队。1923年建立海军航空中心。30年代后期，在意大利帮助下建立2个作战飞机中队。1947年后，从美国得到军用飞机。1949年正式成立空军。空军司令部是空军最高指挥机构，驻加拉加斯。截至2001年，空军兵力7 000人，占武装力量总兵力的8.5%。编有6个战斗机/攻击机大队、1个侦察



空军飞机机徽

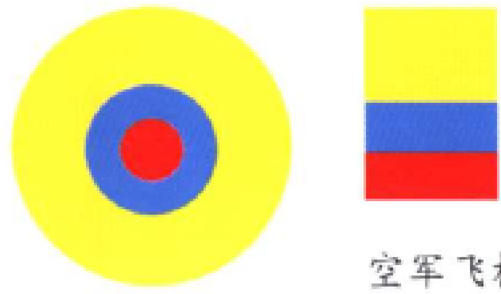
机大队、1个武装直升机大队、1个教练机大队、1个总统专机小队、1个伞兵营。装备各型飞机280余架，其中作战飞机125架，主要为CF-5A/B、NF-5A、F-16A/B、EMB-312等机型，机载武器为R-530、AIM-9型空空导弹，“飞鱼”式空舰导弹。侦察机15架，电子干扰机3架，运输机22架，加油机2架，武装直升机31架。地面防空部队装备“罗兰”、RBS-70型地空导弹，20、35、40毫米高射炮。

（王寿沛）

Eguaduo'er Kongjun

厄瓜多尔空军 (Ecuadorian Air Force)

厄瓜多尔共和国武装力量军种之一。主要担负支援陆海军作战、反暴乱作战、空中运输等任务。空军司令部是空军最高指挥机构，驻基多。平时负责行政管理、部队组建、战备训练、兵役动员、武器装备采购等，战时负责作战指挥。下设作战司令部。截至2001年，空军兵力4 000人，占武装力量总兵力的6.7%。编有3个攻击机中队、1个战斗机中队、1个反暴机中队、1个运输机大队、1个联络、搜索与救援机小队。装备各型飞机158架，其



空军飞机机徽

中作战飞机79架，主要为“美洲虎”、“幼狮”、A-37、“幻影”F-1JE等机型，机载武器为R-550、“超级”530、“蜻蜓”、“怪蛇”Ⅲ、“怪蛇”Ⅳ型空空导弹。运输机20架，还有部分联络、搜索与救援直升机和教练机。

（王福玲）

Bilu Kongjun

秘鲁空军 (Peruvian Air Force) 秘鲁共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、对地(海)攻击、侦察、航测、空运和海空搜索救援等任务。1919年创建陆军航空兵。1924年建立海军航空兵。1929年5月，陆、海军航空兵合并，组成秘鲁航空兵。1933年，秘鲁与哥伦比亚发生武装冲突，秘航空兵首次参战。1934年，秘鲁与厄瓜多尔爆发战争，秘航空兵遂行侦察、空战、支援地面部队作战、空投等任务，对战争胜利发挥了重要作用。30年代和40年代，秘鲁得到意大利和美国的帮助，发展航空兵。1950年7月成立独立空军。50年代开始进行现代化建设，根据美、秘“双边防御援助协定”，从美国获得大批F-86战斗机。从英国购买“猎人”、“堪培拉”式飞机。1961年从美国获得一批T-37B教练



空军飞机机徽

机，70年代向苏联购买52架苏-22型飞机，向法国购买48架“幻影”飞机，成为拉美各国中实力较强、装备较好的空军。

空军总司令部是空军最高指挥机构，驻利马。空军总司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力1.5万人，占武装力量总兵力的15%。编有6个攻击机中队、3个战斗机中队、1个攻击直升机中队、7个运输机中队、1个侦察机中队。装备各型飞机420余架，其中作战飞机116架，主要为“堪培拉”、苏-22、苏-25、A-37、“幻影”2000、米格-29等机型，机载武器为AA-2、AA-8、AA-10、R-550、AA-12型空空导弹，AS-30型空地导弹。加油机1架，侦察机7架，运输机74架，武装直升机19架。地面防空部队装备SA-2、SA-3型地空导弹。

（王海瑛）

Boliweiya Kongjun

玻利维亚空军 (Bolivian Air Force)

玻利维亚共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负反暴乱作战、缉毒、搜索与救援、空运、基地防空等任务。总部驻拉巴斯。截至2001年，空军兵力3 000人，占武装力量总兵力的9.5%。



空军飞机机徽

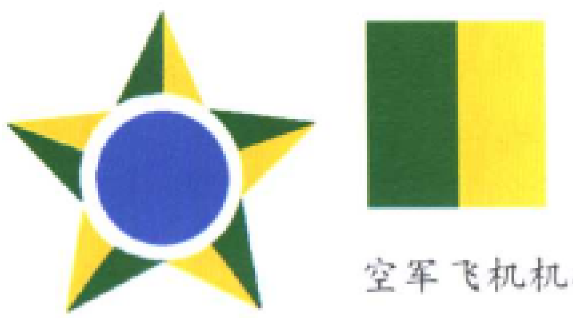
编有2个攻击机中队、1个防暴机中队、1个缉毒机中队、1个侦察机中队、3个运输机中队、1个搜索与救援机中队。装备各型飞机150余架，其中作战飞机50架，主要为AT-33AN、PC-7等机型。运输机31架，武装直升机10架以及部分联络机和教练机。地面防空部队编有1个空军基地防卫团，装备20、37毫米高射炮和若干车载高射炮。

（王海瑛）

Baxi Kongjun

巴西空军 (Brazilian Air Force) 巴西联邦共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负支援陆海军作战、国土防空、反暴乱作战等任务。1913年建立海军航空队。1918年成立陆军航空队，并建立一所陆军飞行学校。1940年1月20日成立空军部，陆军航空队与海军航空兵合并，建立独立空军。1942年8月22日，巴西对德国和意大利宣战，向美国提供基地和各种军事设施，同时从美国得到大量飞机装备。1944年11月派出航空中队到意大利参加反法西斯作战。二战后期，从盟国得到300余架飞机，飞机总数达到1 100余架。战后，巴空军大规模裁军。此后，根据巴、美军事协定，

得到美提供的飞机并派人赴美接受培训。50年代中期，飞机规模发展到约600架。1965年，海军所有作战飞机移交给空军，空军实力进一步增强。70年代从法国和美国引进“幻影”Ⅲ、F−5E型飞机，加上本国生产的AT−26型飞机，构成巴空军的主要空中作战力量。



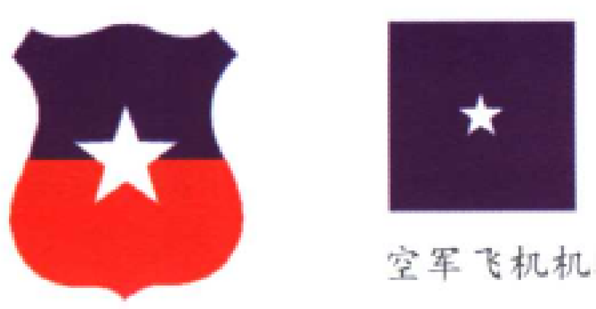
空军飞机机徽

空军部是空军最高指挥机构，驻巴西利亚。下辖防空、战术、海上、运输、训练5个司令部。空军部长是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力5万人，占武装力量总兵力的17.4%。编有2个战斗机中队、10个攻击机中队、2个防暴机中队、2个侦察机中队、7个联络／侦察机中队，3个海上侦察／搜索救援机中队，6个运输机中队、7个地方独立飞机中队。装备各型飞机990余架，其中作战飞机281架，主要为“幻影”Ⅲ、F−5E、AT−26等机型，机载武器为AIM−9B、R−530、“魔术”Ⅱ、MAA−1型空空导弹。电子战飞机8架，侦察机29架，运输机181架，武装直升机29架。

（王海瑛）

Zhili Kongjun

智利空军 (Chilean Air Force) 智利共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援地面部队作战、反暴乱作战、空中运输等任务。1913年成立陆军航空兵。1919年，组建海军航空兵。同年成立航空部，统一管理军事航空事业。1930年3月21日陆军航空兵和海军航空兵合并，成立独立空军。1941年开始，由美国空军提供飞机



空军飞机机徽

并帮助训练。20世纪60年代中期换装喷气式作战飞机。70年代装备F−5E型战斗机。90年代开始换装“幻影”−50型飞机。

空军总司令部是空军最高指挥机构，驻圣地亚哥。下辖作战、人事、后勤司令部。空军总司令是空军最高指挥官。截至2001年，空军兵力1.35万人，占武装力量总兵力的15.4%。编有1个攻击机中队、1个战斗机中队、2个防暴机中队、1个战斗机／侦察机中队。装备各型飞机210余架，其中作战飞机77架。主要为“幻影”−50、F−5Ⅲ、A−36、A−37等机型，机载武器为AIM−9B、“蜻蜓”、“怪蛇”等式空空导弹，AS−11、AS−12等型空地导弹。地面防空部队装备“西北风”、“米盖尔”、“火山”163/16型地空导弹，35毫米高射炮。

（杨宇杰）

Agenting Kongjun

阿根廷空军 (Argentinean Air Force) 阿根廷共和国武装力量军种之一。实行空防合一体制。主要担负防空、支援陆海军作战、反暴乱作战、空中侦察、空中运输等任务。1912年9月建立陆军航空学校。1919年建立海军航空兵。20年代开始发展本国航空工业，具备一定生产能力。1934年，陆军航空队初具规模，辖6个飞行大队，海军航空兵辖2个航空兵基



空军飞机机徽

地和2所飞行训练学校。1945年1月在陆军航空队基础上建立独立空军。第二次世界大战后，阿政府重视发展空军，从国外订购并自行生产大量飞机。至40年代末新装备飞机800多架。50～60年代换装F−86、A−4、“幻影”、“堪培拉”、IA−58等型飞机。1982年4～6月与海军航空兵一起参加马岛战争空中作战，在战争中发挥了重要作用。

空军司令部是空军最高指挥机构，驻布宜诺斯艾利斯。下辖作战司令部、人事部、飞行部、后勤部。空军参谋长是空军最高指挥官。作战部队按航空兵旅、中队、小队编成。截至2001年，空军兵力1.25万人，占武装力量总兵力的17.6%。编有7个战斗攻击机中队、1个防空中队、2个战斗机中队、1个搜索与救援机中队、6个运输机中队。拥有作战飞机130架，主要为“幻影”、“短剑”、“鹰”、A−4AR、LA−58等机型，机载武器为AIM−9B、R−530、R−550等型空空导弹，“马丁·佩斯卡多”、ASM−2型空地导弹。运输机37架，武装直升机27架。地面防空部队装备“罗兰”式地空导弹，35毫米高射炮。

（杨宇杰）

Balagui Kongjun

巴拉圭空军 (Paraguayan Air Force)

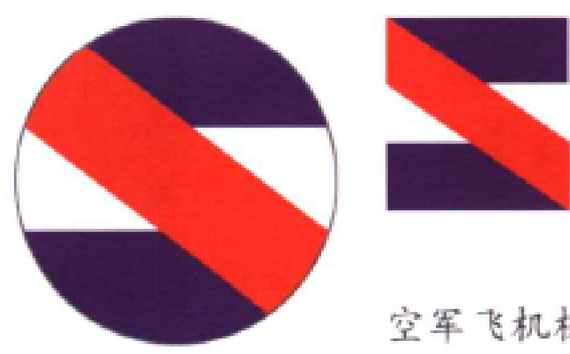
巴拉圭共和国武装力量军种之一。主要担负反暴乱作战、空中运输等任务。1932年，巴在与玻利维亚的战争中建立陆军航空兵。战后成为独立军种。空军领导机构驻亚松森。80年代末兵力约1 000人，主要装备AT−6、EMB−326等型防暴飞机和C−47、C−212、DC−6B等型运输机。90年代兵力有所发展。截至2001年，空军兵力1 700人，占武装力量总兵力的9.1%。装备各型飞机90余架，其中作战飞机28架，主要为F−5E/F、AT−33、T−27、EMB−326等机型。运输机14架，教练机32架，直升机14架。

（崔连祥）

Wulagui Kongjun

乌拉圭空军 (Uruguayan Air Force)

乌拉圭东岸共和国武装力量军种之一。



空军飞机机徽

主要担负反暴乱作战和搜索营救等任务。1919年组建陆军航空队。第二次世界大战后，在陆军航空队的基础上建立独立空军。空军领导机构驻蒙得维的亚。截至2001年，空军兵力3 000人，占武装力量总兵力的12.6%。编有2个防暴机中队、3个运输机中队、1个直升机中队，装备各型飞机77架，其中作战飞机28架，主要为A−37B、IA−58B等机型。运输机12架，联络机10架，直升机14架。

（崔连祥）

外国空军战史

Feiji Shouci Zhencha Hongzha

飞机首次侦察轰炸 (First Reconnaissance and Bombing by Aircraft) 世界军事航空史上第一次使用飞机进行侦察、轰炸的作战行动。1911年9月29日，意大利为夺取土耳其北非属地的黎波里和昔兰尼加(后两地今属利比亚)，爆发了意土战争。10月23日6时19分～7时20分，意军第1航空队队长皮亚扎上尉驾驶“布莱里奥”－5式飞机，对的黎波里和阿齐齐耶之间的土军阵地进行约1小时的侦察，这是首次使用飞机实施侦察行动，也是飞机首次参加作战。11月1日，意军飞行员G.加沃蒂少尉驾驶“鸽”式单翼飞机向位于艾因扎拉和塔吉拉的土军阵地投掷4枚2千克的炸弹，这是首次使用飞机实施轰炸行动。意军航空队的作战行动显示了飞机的作用，标志着作战样式和作战方法的变革，从而引起世界各国的瞩目和效仿，促进了军事航空的发展。

(张力军)

Feiji Shouci Kongzhan

飞机首次空战 (First Airfight) 世界军事航空史上第一次使用飞机进行的空战活动。第一次世界大战初期，法国军事航空部队首先在侦察机上加装机枪，使飞机具备作战能力。机枪安装在活动底座上，由观察员操纵。1914年10月5日，法军飞行员J.弗朗茨和机械员兼观察员L.凯诺驾驶1架“瓦赞”式飞机执行空中巡逻任务时，发现德国军队1架“阿维亚蒂克”式双座飞机在侦察法军防线，弗朗茨驾机逼近德机，凯诺用机枪将其击落。

(张力军)

Ri-De Feiji Qingdao Zuozhan

日德飞机青岛作战 (Qingdao, Japanese-German Air Battle over) 第一次世界大战期间，日本军队飞机与德国军队飞机于1914年9月5日～10月13日在中国青岛地区进行的以侦察为主的空中作战行动。1914年8月，日本为了与德国争夺在华利益，借口“英日同盟”对德宣战，派海军封锁青岛地区胶州湾。日军参战飞机有海军航空队4架“法尔芒”式飞机和陆军的5架飞机。9月5日开始，日军出动“法尔芒”式飞机，侦察德军在胶州湾的军舰数量及布雷情况，并炸沉德军布雷艇。驻青岛地区德军只有1架“伦普拉·陶柏”式飞机，主要任务是侦察日军部署。10月初，日军地面部队逼近青岛，准备发动总攻，德机每天出动实施侦察。2日德机对日军“关东丸”军舰投下2枚炸弹，未命中。13日再次实施战场侦察时，日海军航空队和陆军航空队4架飞机对德军飞机采取包围态势，德机穿入云中脱逃。日、德军青岛地区空中作战，是一次以侦察活动为主的小规模空中作战，除侦察外，在射击、轰炸方面也取得了一定经验。

(张力军)

Feiji Shouci Kongzhong Zhuangji Zuozhan

飞机首次空中撞击作战 (First Air Ram Attack) 第一次世界大战初期，在俄国军队与奥匈帝国军队之间进行的加利西亚战役中，俄军飞行员驾驶飞机撞击奥军飞机的作战行动。1914年9月8日，俄军飞机与奥军飞机在进行航空目视侦察时相遇并发生空战。俄军飞行员П.Н.涅斯捷罗夫上尉驾驶“莫拉纳”式轻型单翼机，用起落架撞击1架奥军双座侦察机，两架飞机因失去控制坠地。这是世界空战史上首次空中撞击行动。1947年，苏联在涅斯捷罗夫牺牲的地方建立一座纪念碑，碑文是：“著名的俄国飞行员、特技飞行创始人彼得·尼古拉耶维奇·涅斯捷罗夫上尉在此英勇献身。他是世界上第一位完成空中斤斗和空战中采用‘撞击战术’的人。”

(张力军)

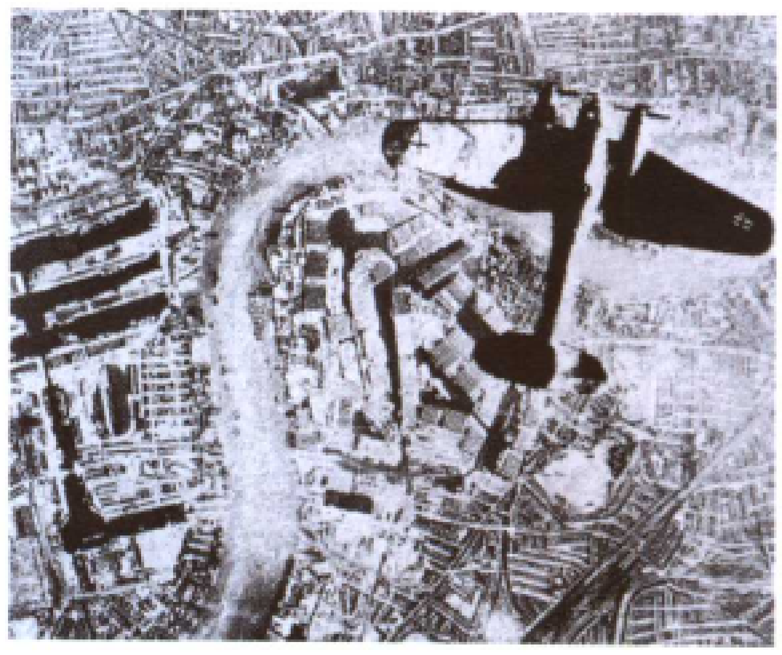
Ma'enhe Zhanyi Kongzhong Zhencha

马恩河战役空中侦察(1914) (Marne Campaign, Air Reco-nnaissance in the, 1914) 第一次世界大战期间，英国、法国联军与德国军队于1914年8～9月在马恩河战役中的空中侦察行动。1914年8月，英、法联军在法国边境作战失败。9月初，法国第4、第5集团军和英国远征军撤至巴黎至凡尔登一线、马恩河以南布防，以66个师的兵力进行反攻。法军在一线约有飞机160架、飞艇16艘、飞行员200名；英国皇家飞行队派往法国的飞机为73架。德军拥有246架飞机和7艘“齐伯林”式飞艇。双方飞机主要实施航空侦察任务。9月3日，法军侦察机发现德军第1集团军已经不再向巴黎以西疾进，而是向东南方向的马恩河推进。英、法联军根据法军侦察机提供的精确情报，选择德军较为薄弱的右翼进行反击，将德军驱逐至苏瓦松－凡尔登一线，牵制了德军前进。此役以德军失败告终，宣告了德军速胜计划的破产，法军空中侦察在战役中发挥了重要作用。

(张力军)

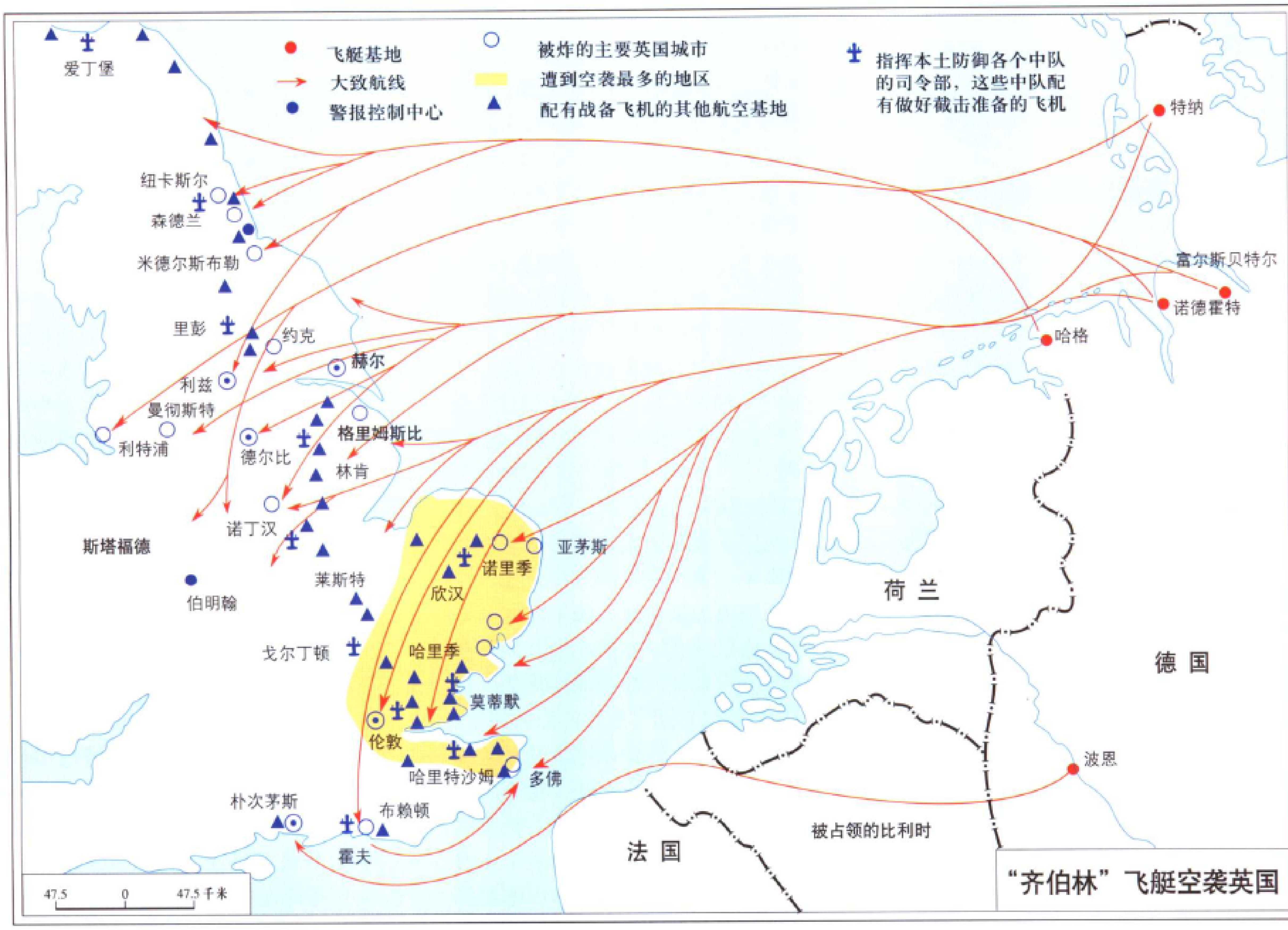
Dejun Hongzha Yingguo

德军轰炸英国(1915～1918) (German Bombing of Britain,1915~1918) 第一次世界大战期间，德国航空部队于1915年1月～1918年8月对英国的空袭行动。史称“第一次不列颠之战”。一战爆发后，德军为迫使英国政府撤回派往法国的远征军，对英国实施轰炸。前期轰炸任务主要由飞艇部队承担。1915年1月19日夜，德军首次出动3艘“齐伯林”飞艇，从1 500米高度空袭英国东海岸地区，炸死5人，炸伤16人。5月31日夜空袭伦敦，炸死7人，炸伤31人，破坏一些建筑物，造成市民恐慌。10月20日夜再次出动飞艇轰炸伦敦。1916年，英军改进对空射击方法，全年击落德军飞艇12艘，迫使德军逐渐减少飞艇出动次数。



德机轰炸伦敦

从1917年起，德军改用飞机对英国实施轰炸。4月陆军司令部组建专门轰炸英国的第3联队。从5月开始对英国进行昼间轰炸。6月13日出动22架“哥达”式轰炸机，其中17架轰炸伦敦，投下4吨炸弹，炸死162人，炸伤432人。由于英军使用战斗机和高射炮加强伦敦防空，迫使德军于9月初转入夜间轰炸。9月2日，德军派出2架轰炸机首次夜间轰炸多佛。全



“齐伯林”飞艇空袭英国

年，德军共进行19次轰炸。

1915年1月19日～1918年8月5日，德军空袭英国共出动飞艇208艘次，空袭51次；飞机435架次，空袭52次，共投弹约300吨。炸死约1 300人，炸伤3 000余人，英国损失约300万英镑。德军损失飞艇约80艘、轰炸机60架，空勤人员亡137人，失踪88人。德军对英国的轰炸，牵制了英军一部分力量，特别是对英国首都伦敦的轰炸，对英国国民产生较大心理影响。但是，也促进了英国防空系统的建设和英国空军的组建。（张力军）

Alasi Zhanyi Kongzhong Zuozhan

阿拉斯战役空中作战 (Arras Campaign, Air Operations in the) 第一次世界大战期间，英、法等国联军与德国军队于1917年4月在阿拉斯战役中的空中支援作战行动。阿拉斯地区位于法国西北部。联军飞行部队为配合地面作战，在地面战役开始前5天发起空中进攻，企图夺取制空权，保证己方侦察机和炮兵校射机展开活动。4月4日，联军侦察机和轰炸机在战斗机的掩护下，对德军战役纵深目标实施侦察和突击。德军凭借飞行员娴熟的技术和机动灵活的战术，始终占据主动，共击落联军飞机350架，其中英机150架。这次战役，联军地面作战取得有限胜利，但航空部队付出了沉重代价。英国皇家飞行队将此次空中作战称为“血的四月”。其主要原因：联军飞行员训练不足，不熟悉新装备飞机的操纵特点；飞行部队兵力使用分散；战术上被动待战。而德军飞行部队编制合理，飞行员技术娴熟，并充分利用铁路系统，加快飞行部队的机动速度，因而取得主动。（张力军）

Shengmiyele Zhanyi Kongzhong Zuozhan

圣米耶勒战役空中作战 (St.Mihiel Campaign, Air Operations in the) 第一次世界大战后期，以美国、法国军队为主力的协约国军队于1918年9～11月在圣米耶勒战役中的空中支援作战行动。是第一次世界大战中参战飞机数量最多的一次作战。9月，美、法军为确保巴黎－凡尔登－南锡铁路畅通，为而后进攻德国军队控制的梅斯－色当铁路和布里埃铁矿盆地提供前进基地，实施圣米耶勒战役。为支援地面作战，美国远征军第1集团军航空队指挥官W.米切尔集中了美国、法国、英国、意大利等国军队的96个航空中队，1 500架飞机。德军防守圣米耶勒突出部的飞机不足300架。战役开始两天，大部分飞机因天气恶劣不能起飞。9月14、15日，天气好转，米切尔指挥约500架侦察机和战斗机支援地面部队作战。10月9日，协约国航空部队200架轰炸机轰炸德军集结地，投弹30余吨。10月30日和11月4日，空袭德军防线后方的交通要道和军事设施等目标。战役初期，协约国航空部队夺取了战线敌方一侧约10千米纵深上空的制空权。但突击纵深目标的轰炸机遭到德军航空队的抗击，损失率达60%。此后，协约国航空部队积极打击德军航空队，削弱其力量，轰炸机损失率逐渐下降到8%。美、法航空部队的空中作战有效地配合了地面部队的进攻行动，但由于步兵、坦克

兵与航空兵之间的协同未组织好，没有达成合围德军的战役目的。（张力军）

Yidali-Aisai'ebiya Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

意大利－埃塞俄比亚战争空中作战 (Italian-Ethiopian War, Air Operations in the) 意大利军队于1935～1941年入侵埃塞俄比亚战争中的空中支援作战行动。1935年10月3日晨，意大利对埃塞俄比亚不宣而战。意空军500架飞机参战，埃军仅有几架执行侦察任务的陈旧飞机，地面防空火力也非常薄弱。战争中，意空军始终掌握制空权，执行了空中侦察、轰炸、射击、施放毒气等任务。轰炸机部队在地面部队发起攻击前进行航空火力准备，攻击开始后，又通过低空扫射和轰炸支援地面部队作战。在平原作战中，为弥补装甲部队和炮兵的不足，意空军飞机追击退却的埃军队，对撤至森林中的埃军投掷燃烧弹，使大批埃军士兵被烧死于森林中。在进攻埃首都亚的斯亚贝巴的作战中，意轰炸机部队平均每天投弹40吨，最多时达75吨，并大量施放毒气。意空军运输机部队担负空中运输任务，为地面部队运送和空投大量装备弹药、物资给养，保障作战部队的机动和空降部队的空降行动。意空军的积极参战，帮助意陆军部队克服了埃山岳、荒漠、森林地形和炎热气候对作战的不利影响，推动了战争进程。1936年5月9日，意总理墨索里尼宣布吞并埃塞俄比亚，埃抗意战争进入游击战阶段。1941年底，侵埃意军被全部消灭。战争中，意空军遭到埃地面防空部队和游击队的抗击和袭扰，损失飞机约100架。

（张力军）

Xibanya Neizhan Kongzhong Zuozhan

西班牙内战空中作战 (Spanish Civil War, Air Operations in the) 西班牙共和军及其国际支援力量与佛朗哥反政府军及其国际支援力量于1936年2月～1939年3月的国内战争中的空中作战行动。1936年2月，西班牙共产党、共和党等民主力量组成的人民阵线在国会选举中获胜，组成联合政府，实行民主改革，国内反动势力在佛朗哥等人策动下发动叛乱，爆发西班牙内战。初期共和军有120余架飞机。战争期间，苏联派遣军事顾问和飞行员、并为共和军提供648架飞机，法国援助75架飞机。共和军空中力量主要执行突击敌机场和海上舰船，破坏敌军空运和海运，保卫沿海重要城市，直接支援地面军队作战和实施航空侦察等任务。德国、意大利共向叛军提供1 650余架飞机，并直接参战。战争爆发后，德军首先在塔巴拉达地区组建一支由9架飞机组成的临时轰炸机部队。8月14日，该部队首次突击马德里南部的共和军。11月，德军组建1万人的“秃鹰军团”，编成1个歼击机大队、1个作战大队(含4个轰炸、运输机中队)、1个侦察机中队、1个水上飞机中队、6个高射炮连。意军也组建援外航空兵团派往西班牙。德、意军的支援迅速改变了西班牙国内力量对比，叛军将共和军分割在马德里地区、北部比斯开湾和东部地中海沿岸地区，夺得战略优势。11月16日，“秃鹰军团”轰炸首都马德里。1937年3～5月，轰炸毕尔巴鄂和杜兰戈的交通枢纽和工业设施。9月，德军将容克－87型飞机投入西班牙战场，叛军空中作战能力进一步提高。1938年3月16～18日，德、意军轰炸机对巴塞罗那持续进行大规模轰炸，造成2 400余人伤亡。1939年3月28日，叛军和德、意军进入马德里和巴伦西亚，联合政府失败，开始了佛朗哥的统治时期。

西班牙内战是两次世界大战之间规模最大的一次战争。一些国家借机检验各自武器装备、修订作战方法、制定新战术、轮训部队。德空军在第二次世界大战初期采用的机械化部队与航空兵部队密切配合的作战方法和俯冲轰炸战术，都是从西班牙内战的战斗实践中总结和发展起来的。苏空军也在战争中检验飞机、改进战术，肯定了航空兵支援地面军队作战和夺取制空权的重要作用，确立了集中使用航空兵的原则。西班牙内战表明，各军兵种密切配合协同作战，大量使用空军，掌握制空权，对夺取战役胜利具有重要作用。

（张力军）

Halahahe Zhanyi Kongzhong Zuozhan

哈拉哈河战役空中作战 (Haraha Campaign, Air Operations in the) 苏联、蒙古联军与日本军队于1939年5～9月在诺门坎(位于今中蒙边境)地区的空中作战行动。1939年5月，日本为侵略蒙古国和苏联的远东地区，经常在东起伪满洲国边境城市诺门坎，西至外蒙哈拉哈河东岸地区进行武装挑衅，并借口蒙牧民侵犯哈拉哈河边界挑起军事冲突。双方在这一地区集结大量兵力。5月11日，哈拉哈河战役爆发。双方航空兵部队主要遂行夺取制空权和支援地面部队作战的任务。①夺取制空权。战争一开始，日陆军航空队便投入大批兵力夺取了制空权。苏空军参战后，通过空战很快夺回制空权，空中态势发生根本性改变。6月，空战更加频繁激烈，规模也逐渐扩大，经常发生大编队空战，空战往往在几个高度层上同时展开，最多时双方空战飞机达到250余架。日军由于屡次空战失利，抽调在中国内地作战的经验丰富的飞行员到哈拉哈河地区。9月15日，即停战协定签署的当天，苏军212架歼击机与日军180架战斗机进行了空前规模的空战，日机被击落20余架。除空战外，双方还通过突击对方机场争夺制空权，导致在机场上空发生大规模空战。②支援地面部队作战。战役开始时，日军使用轻型轰炸机轰炸蒙军阵地。7月初，苏、蒙联军在哈拉哈河西岸发起反攻时，苏空军突击日军在哈拉哈河上架设的浮桥，切断日军向东岸撤退的通道。7月上旬，日军航空兵又配合骑兵和坦克部队支援步兵的大规模进攻。战役过程中，不断支援和掩护地面部队。苏空军在夺取制空权后，将支援地面部队作战作为主要任务，重点消灭日军有生力量和技术兵器。8月下旬，苏、蒙联军在哈拉哈河东岸发起总攻前，苏空军对日军前沿阵地、炮兵阵地和纵深预备配置地域进行密集突击，为地面部队顺利展开进攻提供了有力保证。整个战役期间，苏空军为疲惫日军，经常进行夜间袭击。苏军运输航空兵还为前线作战部队及时运送了2 000余吨军用物资和数千名官兵。此役，苏、蒙联军歼灭日军6万余人，迫使日本当局向苏联政府求和，于9月15日签订停战协议。作战双方在交战中，都取得了大规模使用航空兵支援地面部队作战，以及航空兵与炮兵等其他兵种协同作战的经验。

（张力军）

Dejun Shanji Bolan Kongzhong Zuozhan

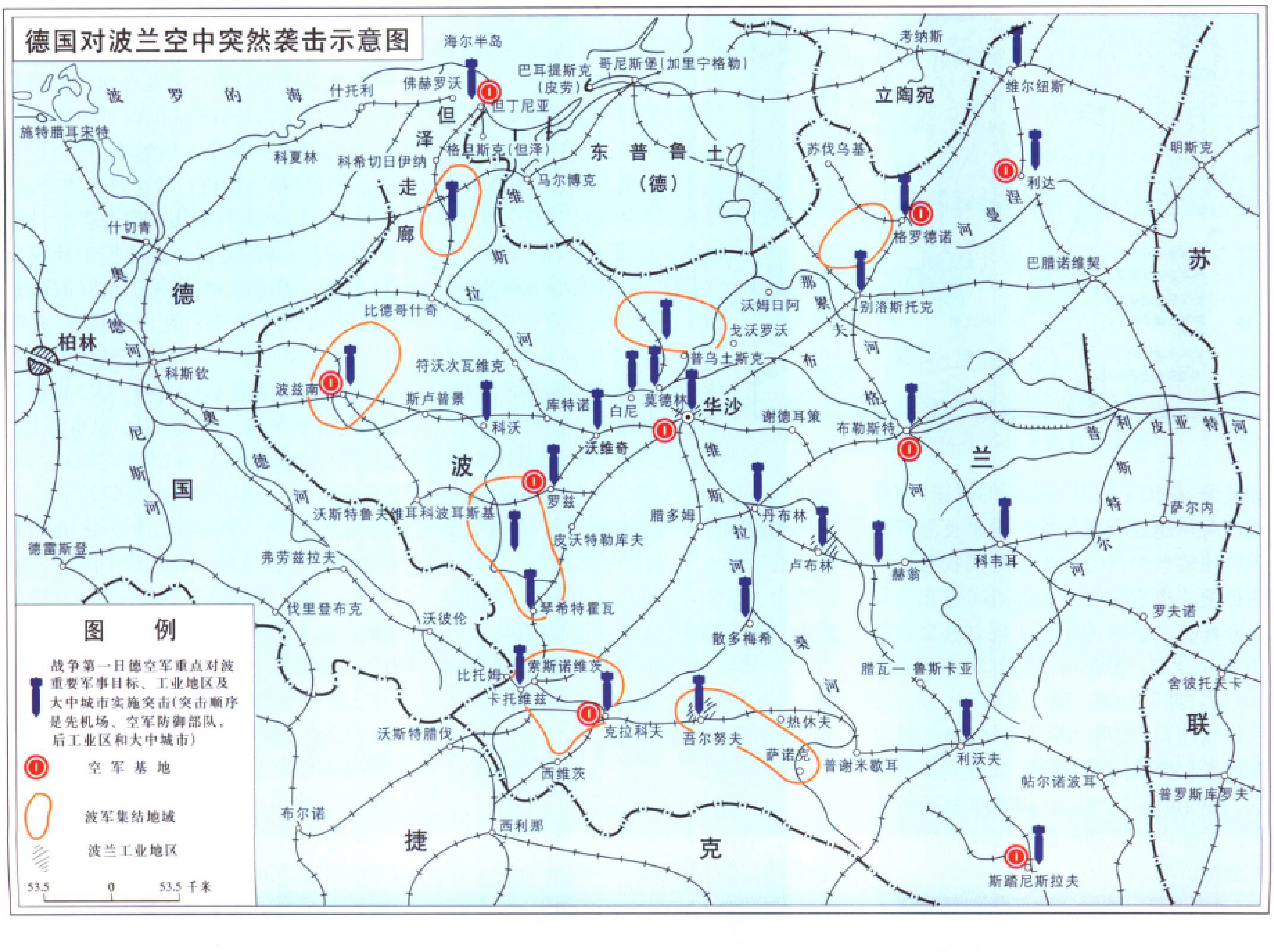
德军闪击波兰空中作战 (German Blitzkrieg on Poland, Air Operations in) 第二次世界大战初期，德国空军于1939年9月1～28日在入侵波兰战争中的空中作战行动。德空军参战的有第1、第4航空队，飞机约1 929架。任务是夺取并保持制空权；袭击波兰的政治经济中心、交通枢纽和通信设施；阻止波军动员展开；以轰炸行动压制波军，使之难以在后方地区建立防御；保证陆军迅速推进。波空军共有824架飞机，能用于作战的仅407架，且大部分是老旧飞机，编成29个中队，一部分隶属于最高统帅部，一部分配属给重要方向上的各个集团军，任务是保卫首都和支援地面军队作战。

1939年9月1日凌晨4时45分，德空军发起突然袭击，首先对波兰的主要机场进行大规模空袭，由此爆发第二次世界大战。由于战前波空军已将大部分飞机转移到野战机场，德空军的猛烈空袭没有达到一举消灭波空军的目的。德空军凭借飞机数量和质量上的绝对优势，很快取得制空权。此后除部分兵力继续同波空军作战外，主要用于破坏波铁路枢纽、交通干线、主要通信线路，轰炸重要城镇和波军阵地，使波军难以机动、指挥失灵，波军撤退时，德空军则集中力量轰炸桥梁、渡口，断其退路，同时实施空降，配合地面部队堵截和阻止波军后撤，并加以分割和孤立。14日，德军完成对华沙的包围。为攻占华沙，从22日起，德空军与炮兵共同对华沙实施猛烈袭击。24日在华沙上空投下数十万张传单，27日出动1 150架飞机对华沙进行了面积轰炸，投下炸弹632吨，其中燃烧弹72吨，使华沙变成一片废墟，市民死伤惨重。28日，华沙守备部队被迫投降，德国吞并波兰。

在抵抗德军入侵的作战中，波空军虽然在飞机数量、质量上远不如德空军，在战略态势上也始终处于被动地位，但官兵作战英勇。9月1日，两次击退德军轰炸机对华沙的袭击，击落德机14架。2日，波空军18架“鲫鱼”式轰炸机突击德军装甲部队。当日在反击德机的空袭中，又击落了2架道尼尔-17型飞机。3日，波空军28架“鲫鱼”式轰炸机再次突击德军装甲部队，击毁10多辆装甲车。3～10日，波空军独立轰炸航空兵旅先后袭击腊多姆斯基、维卢尼、普乌士斯克和



德军轰炸机空袭波兰华沙



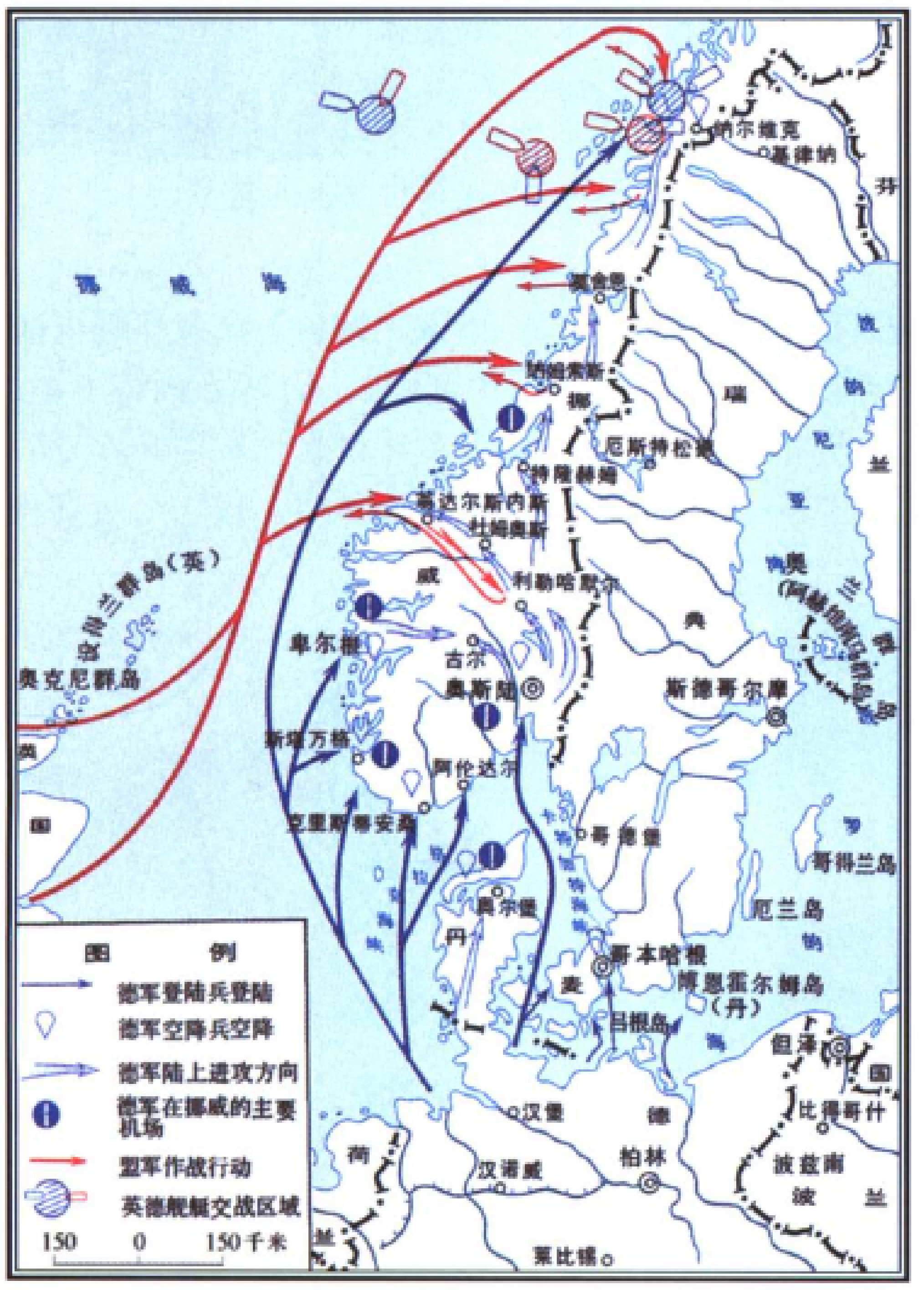
德国对波兰空中突然袭击示意图

切哈努夫地域德军坦克纵队和摩托化部队。此役，波空军损失飞机300余架。德空军损失飞机209架，严重损伤约280架。德军航空兵和装甲兵的作战行动，达成了“闪击战”的突然性和快速性。

（张力军）

Nuowei Zhanyi Kongjiang Zuozhan

挪威战役空降作战 (Norwegian Campaign, Airborne Operations in the) 第二次世界大战期间，德国军队于1940年4月9～11日对丹麦和挪威的空降突击行动。是世界战争史上首次使用空降兵实施入侵的战役。1940年4月，德国为打破英国、法国军队对其海军的封锁，在挪威西海岸建立海军基地，限制英海军活动，使瑞典提供的铁矿砂经挪威海面运往德国，决定对丹麦和挪威实施登陆和空降作战。德军为此专门成立航空兵第10军司令部，参加突击的部队为步兵第163师和空降兵第1团，飞机500架。按照作战计划，空降兵应于4月9日同时占领丹麦和挪威的4个机场，即丹麦奥尔堡东、西两侧各1个机场，挪威首都奥斯陆附近的福内布机场和西南海岸斯塔万格的索拉机场。



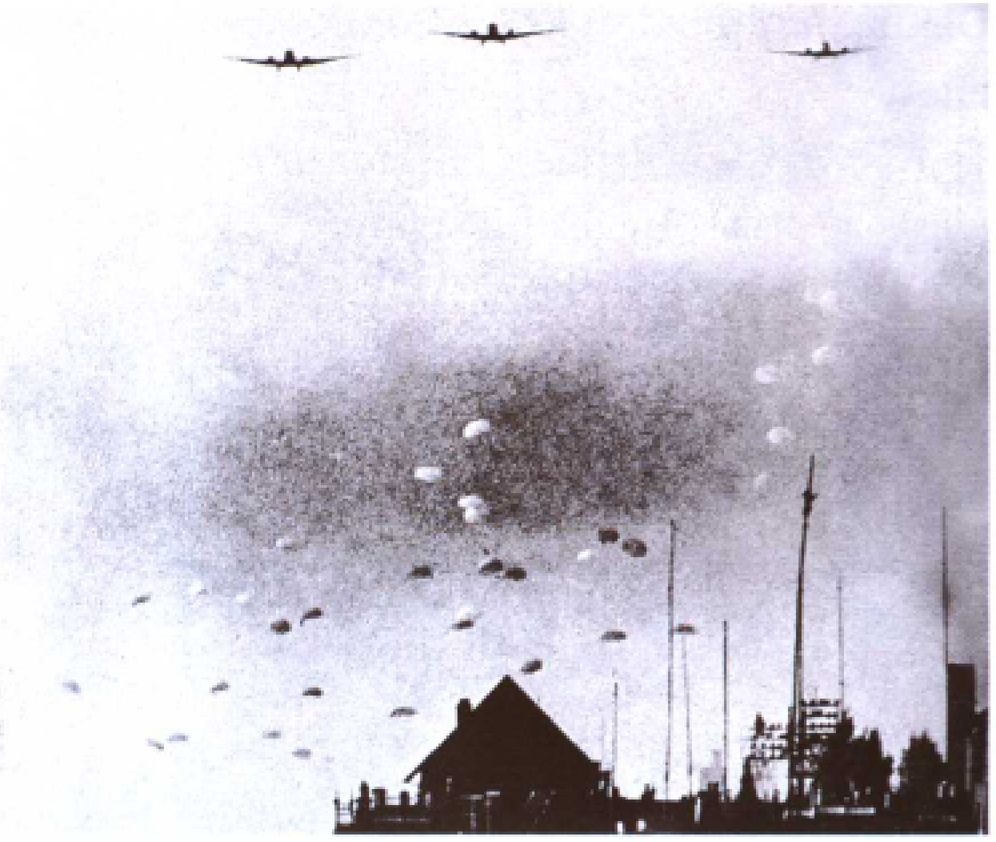
挪威战役德军空降作战示意图

4月9日，德军空降部队和登陆部队在挪威重要港口奥斯陆、克里斯蒂安森、斯塔万格、特隆赫姆及纳尔维克实施空降和登陆。空降兵第1团第1、第2连分乘29架容克－52型运输机从石勒苏益格机场起飞，担任第1攻击波，占领奥斯陆的福内布机场。6架担负掩护任务的梅塞施米特－110型战斗机先期飞抵福内布机场上空，突击挪军高射炮和高射机枪阵地，并在机场上空巡逻，等待空降兵。步兵第163师第324团2营部分官兵担任第2攻击波，乘容克－52型运输机先于空降兵到达福内布机场上空。因天气恶劣，第1攻击波的29架运载空降兵的容克－52型飞机只有2架在延迟30分钟后飞抵机场上空。德军仅用第324步兵团2营的部分士兵、空降兵第1团的部分伞兵和6架梅塞施米特－110型飞机的空勤人员就占领福内布机场。下午，第324团官兵全部运抵福内布机场。傍晚，德军占领奥斯陆。空降兵第1团第3连执行占领斯塔万格的索拉机场任务，由第1特殊任务轰炸航空兵团7中队的12架容克－52型飞机负责运输，第76战斗航空兵团3中队的梅塞施米特－110型战斗机负责空中支援。100多名伞兵从机场上空伞降，半小时后占领机场，保证了后续部队机降。在空降部队发动进攻时，德空军的轰炸机分别在克里斯蒂安森、埃格松、斯塔万格和卑尔根等地进行示威性飞行，并攻击奥斯陆的切勒机场、奥斯陆峡湾各个岛屿上的炮台、霍尔门克联的高炮阵地。到9日傍晚，挪军大部分阵地被德军掌握。10～11日，德空军向前方运送大批部队和物资，在英军行动之前巩固新占阵地，扩大战果，控制了整个挪威。

（张力军）

Dejun Helan Kongjiang Zuozhan

德军荷兰空降作战 (Netherlands, German Airborne Operations against) 第二次世界大战期间，德国军队于1940年5月入侵西欧诸国时，在荷兰海牙、鹿特丹等地的空降突击行动。


德军在荷兰空降作战

1940年5月，德军对法国、比利时、卢森堡及荷兰发起进攻。为控制战役要点，配合装甲部队高速推进，决定在荷兰海牙、鹿特丹等重要城市实施空降突击。空降部队包括第7空降师和第22机降步兵师，编成2个战斗群，由第2航空队负责运送。第1战斗群的任务是在鹿特丹附近空降，夺占瓦尔港及鹿特丹附近的3座桥梁；第2战斗群的任务是在海牙附近空降，夺占3个机场并控制海牙市。10日凌晨，在空降战斗群进入目标前，德空军对预定空降地域连续进行数小时火力突击。第1战斗群伞降突击队采取在多个目标附近同时伞降的方法，迅速控制战役要点，保障后续部队机降并与之协同行动，经短暂战斗，先后夺占瓦尔港机场、鹿特丹大桥和默尔迪吉克大桥。激战3昼夜后，夺占多尔德雷赫特大桥。第2战斗群分两个波次突击。10日凌晨，担负第1波次突击任务的部队分乘65架运输机，在战斗机护航下超低空飞向空降地域，同时在瓦尔肯堡、奥肯堡和伊彭堡机场实施伞降，经短暂战斗后占领了机场。随后，德军第一批部队2个营分乘100架运输机在瓦尔肯堡、伊彭堡机场着陆。当日中午，荷军集中兵力实施反冲击，夺回3个机场。德军第2批机降部队分乘44架运输机实施机降时，遇地面激战无法机降，迫降在卡特威吉克附近海滩和德尔夫特至鹿特丹公路上，均遭荷军攻击。下午，运送增援部队和补给物资的运输机抵达海牙机场时仍然无法着陆，被迫转至鹿特丹瓦尔港机场降落。第2战斗群因兵力不足，



德军荷兰空降作战示意图

缺乏增援，大部被歼，其中1 500人被俘，损失飞机117架，未完成预定的空降任务。德军空降作战，钳制了荷军统帅部及其预备队，保证了正面部队进攻。5月13日，德军占领鹿特丹市，荷政府逃往伦敦。14日，荷军投降。（王明志）

Dejun Huaxiangji Tuji Aiben'aima'er
德军滑翔机突击埃本埃马尔 (Ebenermale, German Glider Assault against) 第二次世界大战期间，德国空降兵于1940年5月10日乘滑翔机对比利时埃本埃马尔防御要塞的突击行动。是世界军事航空史上第一次使用拖曳滑翔机作战的成功战例。

比利时埃本埃马尔要塞位于马斯特里赫特城和维斯城之间，夺占比利时首都布鲁塞尔，必须首先攻克该要塞。守备要塞的比军部队约1 200人，防御体系由永备工事、支撑点、旋转式装甲炮塔、反坦克火力点和防空火力点构成，十分坚固。德军针对要塞防空力量薄弱的情况，决定以空降兵实施突袭。战前，德军制定周密作战计划，搜集要塞情报，并根据获取的要塞内部设计图，分别在格拉芬弗尔训练中心和希尔德斯海姆空军基地建造了要塞模型。同时，组建特种空降突击团，按照预定作战计划，秘密组织有针对性的演练和各项准备工作。1940年5月10日4时35分，德军将特种空降突击团分为4个突击队共360余人，分乘41架DFS-230型滑翔机，由容克-52型运输机拖曳从机场起飞，分路抢占要塞。航行中，除第1突击队2架滑翔机(包括突击队指挥官乘座的滑翔机)意外脱钩外，其他滑翔机在要塞顺利着陆。比守军猝不及防。各作战小组在没有指挥官的情况下，按预定计划迅速展开突击行动，仅用10余分钟便炸毁和破坏了要塞防御体系中的10个碉堡；第2和第3突击队在弗龙霍芬桥和弗德策韦尔特铁桥附近隐蔽着陆，对比守军发起突然袭击，迅速控制桥梁；第4突击队发起突击前，比守军将坎讷桥炸毁。德军在各突击队遂行任务过程中，还出动轰炸机和攻击机对突击行动提供不间断的航空火力支援，保障突击行动的顺利实施。经过32小时激烈战斗，德军特种空降突击团完全控制要塞。5月11日12时30分，比守军投降。德军控制埃本埃马尔要塞后，顺利突破阿尔贝特运河天险，为进攻比利时首都布鲁塞尔打开了通道。

此战成功的主要原因是战前准备充分，组织了近似实战的演练；德军滑翔机突击达成突然性；机降部队与航空兵保持了密切协同。（王明志）

Faguo Zhanju Kongzhong Zuozhan
法国战局空中作战 (French Campaign, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，德国空军于1940年5月10日~6月22日在入侵法国、荷兰、比利时、卢森堡战争中的空中作战行动。德军占领波兰后，于1940年5月将主力西调，准备对西欧诸国实施“闪击战”，占领荷兰和比利时，迫使法国投降，强迫英国签订和约。德军参战飞机3 500架。法、英、比、荷联军飞机2 372架。5月10日，德军发起进攻，对法、比、荷境内的72个机场及纵深目标实施航空突击，并在鹿特丹、海牙实施空降突击。10凌晨，德军滑翔机突击埃本埃马尔要塞成功，荷军在德军打击下迅速瓦解。13日，德空军集结大量飞机支援地面部队强渡默兹河。渡河前，使用轰炸机空袭了河对岸的法军指挥所、炮兵群和机枪掩体。联军空军虽然轰炸了德军在默兹河上架设的浮桥，但未能阻止德军渡河。14日，法空军对色当地区进行大规模轰炸，配合地面部队反击入侵的德军装甲师，但遭到德军高射炮射击，损失严重。德军占领色当、迪南后，向英吉利海峡推进。至25日，法空军在空中和地面共损失飞机500余架，其中英空军损失新型“飓风”式飞机195架。26日晚，联军开始从敦刻尔克向英国撤退。英空军积极实施敦刻尔克撤退空中作战。6月3日，德军轰炸巴黎地区。5日，法空军支援地面军队抗击德军沿索姆河一线发动大规模进攻失败，德军渡过索姆河。10日，意大利对法国宣战，法政府迁至图尔。14日，德军占领巴黎。法国轰炸机部队奉命转向法国南部，准备向北非撤退。17日，法国贝当政府请求停战。法空军和海军航空兵纷纷撤往北非，或降落在尚未被德军占领的地区。18日，英空军撤出法国。22日，法、德签署停战协定，法国同意德国占领法北部和大西洋沿岸地区，并宣布退出战争和解除武装。

此役，德军仅用6周时间即攻占西欧

诸国，空中作战对战局产生了重要影响：德空军在战争发起后迅速夺得制空权，为保障战争胜利创造了条件；德空军运用新的战法，对装甲部队实施直接支援，保障地面部队实施快速进攻；联军空军没能为地面部队提供有力的直接支援。

（张力军）

Dunke'erke Chetui Kongzhong Zuozhan

敦刻尔克撤退空中作战 （Dunkirk Withdrawal, Air Operations in the） 第二次世界大战期间，英国空军于1940年5月26日～6月4日掩护英国、法国联军从法国敦刻尔克地区撤往英国的空中作战行动。

1940年5月，德国军队对西欧诸国实施“闪击战”，迅速推进到英吉利海峡，将约40万英、法联军部队压缩至法国敦刻尔克附近80千米长、24千米宽的狭小地域内。为保存实力，英国决定使用舰船将受困的联军撤往英国。由于英国多佛至敦刻尔克的最短航线处于德军远程火炮射程之内，并要穿越水雷区，因而只能使用远程航线，海运船队单程航行时将有5个多小时暴露在德空军的打击之下。英空军仅有5个战斗机中队实施空中掩护。


英军使用的战斗机

5月26日晚，英、法、比、荷等国派出861艘舰船，开始实施代号为“发电机”的撤退计划。英空军配合行动，一度夺取敦刻尔克地区的制空权。5月27日，德空军派出5个航空团及1个航空队对港口、海滩实施猛烈轰炸，投弹4.5万枚。英空军起飞200架战斗机，给德空军很大打击。5月29、31日和6月1日，德空军派大批轰炸机轰炸船队和滩头阵地，双方飞机展开激烈空战。整个撤退行动期间，德空军出动300架轰炸机、500架战斗机，英空军采取高强度轮番作战的方法，与德空军争夺制空权，每天出动近300架次，战斗机飞行员有时一天出动4次，总共出动2 739架次，击落德机140架，己方损失106架。到6月4日14时，英国在付出重大代价的情况下，掩护联军33.8万人从敦刻尔克撤回英国本土，为而后作战保存了有生力量。此战削弱了德空军的实力，树立了战胜德空军的信心。英国首相丘吉尔评价敦刻尔克撤退中英空军的表现时讲：撤退的胜利是靠空军赢得的。

（王明志）

Dejun Hongzha Bali

德军轰炸巴黎 （German Bombing of Paris） 第二次世界大战期间，德国空军于1940年6月3日以巴黎地区的机场和飞机制造厂为主要目标的空袭行动。代号“鲍拉行动”。德空军为集中足够的空袭兵力，给法国空军以致命打击，从7个联队抽调约300架亨克尔－111、道尼尔－17和容克－88型轰炸机，编成3个攻击机群。法空军部署在巴黎及附近地区的兵力有第21、第22、第23航空兵群。1940年6月3日中午，德空军300架轰炸机在200架战斗机的掩护下，从东北方向对巴黎发起空袭。为保证空袭成功，德空军对法国设在埃菲尔铁塔上的电台进行了强电子干扰，致使法防空战斗机部队未能接到起飞拦截的命令。德轰炸机群突破巴黎防空区，临近巴黎上空时，法空军第一批战斗机才升空抗击，延误了战机。法战斗机飞行员在空中英勇战斗，多次拦截德轰炸机编队，大多被德护航战斗机阻挡。此役，德空军损失18架飞机，法空军损失33架飞机。空袭只破坏了巴黎地区一小部分防御设施，未达到预期效果。德空军将电子干扰技术用于空中进攻作战，提高了突防能力，减少了损失。

（管有勋）

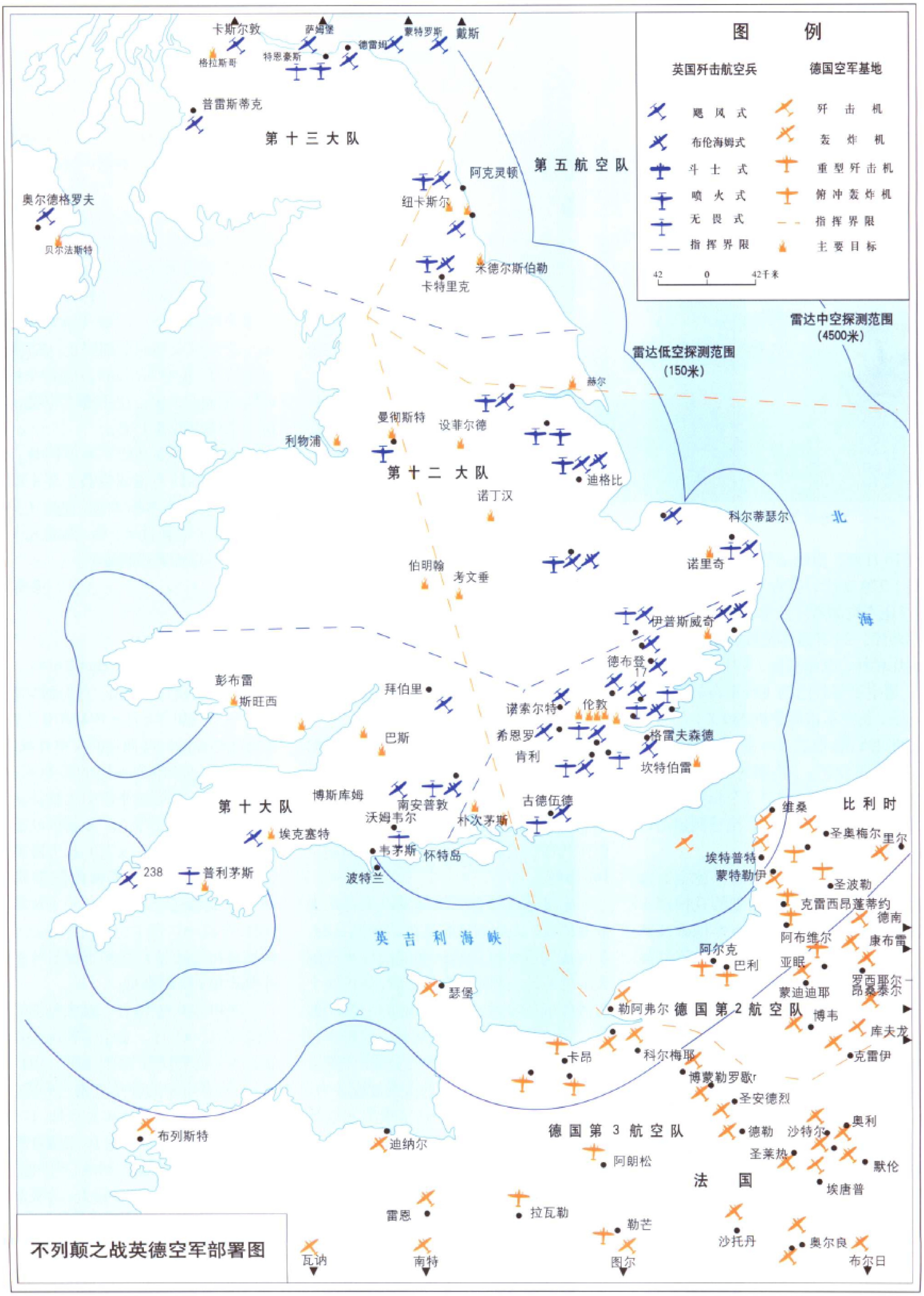
Buliedian zhi Zhan

不列颠之战 （Britain, Battle of） 第二次世界大战期间，1940年7月～1941年5月，德国空军对英军的空中进攻战役和英国抗击德国空军进行的防空作战战役行动。史称“不列颠之战”。1940年6月，德军占领西欧大陆。7月制定从海上入侵英国的“海狮”作战计划，将空袭和海上封锁作为大规模空军战役，企图以空中进攻作战摧毁英国空军，夺取制空权，削弱其战争潜力，迫使英国投降。德空军投入飞机2 669架，其中轰炸机1 285架，编成3个航空队。第2航空队驻法国东北部和荷兰、比利时；第3航空队驻法国北部和西北部；第5航空队驻挪威。第2、第3航空队为主力，第5航空队部分兵力参战。英空军拥有战斗机近700架，轰炸机500架，高射炮2 000门，拦阻气球1 500个。英空军兵力虽处于劣势，但战斗机性能占优，航空工业发达，飞机制造能力较强，并有新研制的雷达，使防空能力大为增强。战役从7月10日开始，分为4个阶段：

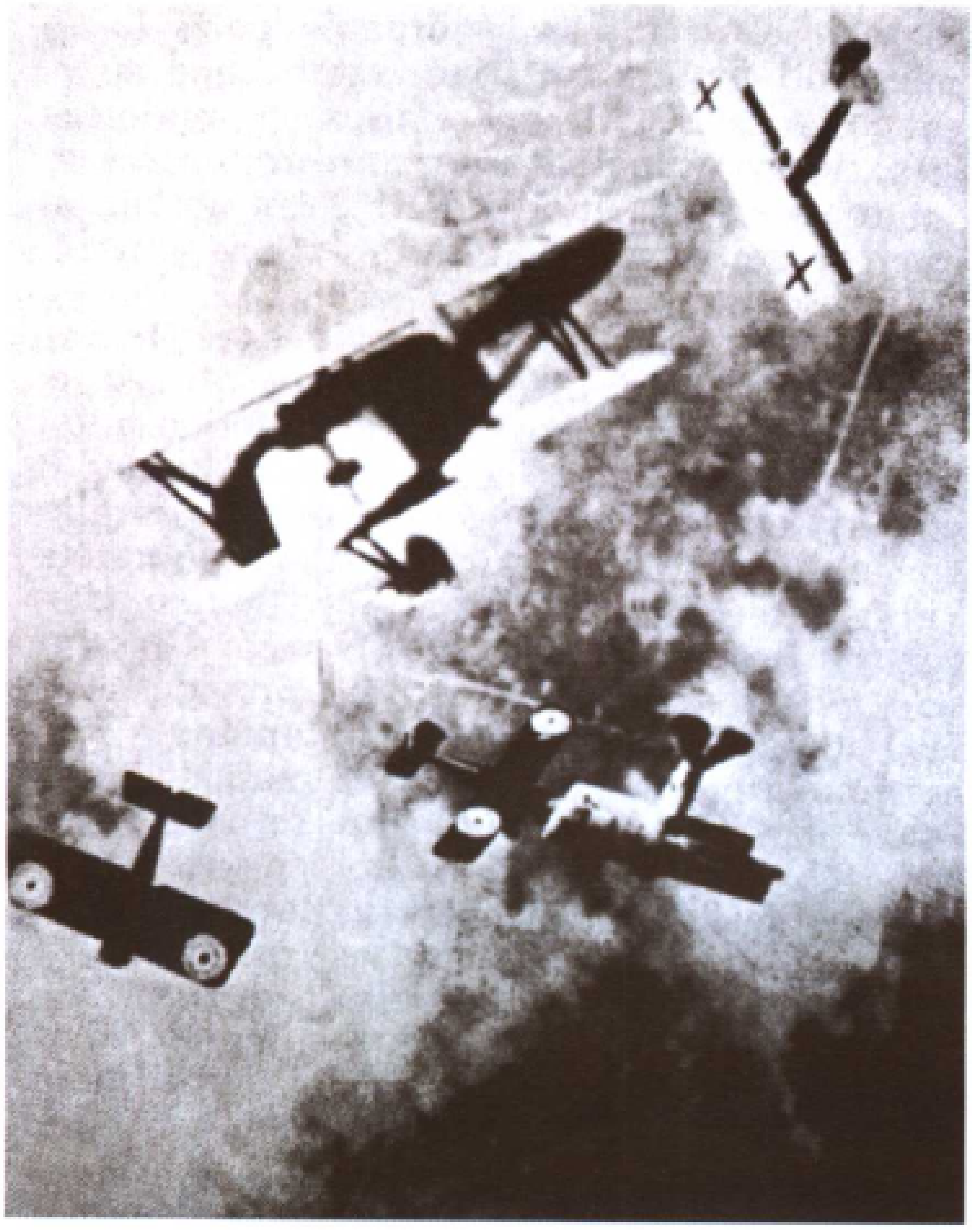

“不列颠之战”中的英军战斗机编队

第一阶段(7.10～8.12) 德军攻击英吉利海峡的英舰船及南部港口，以引诱英战斗机出战，查明英空军的兵力部署、防空能力并检验自身的突防能力。7月10日，德空军开始攻击英军护航船队。8月8日，又对英军护航船队进行多波次突击。11日、12日，德空军大规模空袭英南部波特兰、韦茅斯、多佛、朴次茅斯、怀特岛等军港。英空军采取避战方针，只在地面雷达引导下小批出击。德空军损失飞机286架，英空军损失150架。

第二阶段(8.13～9.6) 德空军突击英空军基地和雷达站，寻歼英空军主力。8月13～23日，德空军组织5次大规模轰炸。其中，8月13日和14日夜，出动轰炸机485架次、战斗机1 000架次。15日



不列颠之战英德空军部署图



德军与英军飞机近距空战

夜至16日晨，出动轰炸机520架次，战斗机1 270架次，摧毁英国12个空军基地、7座飞机制造厂及部分雷达站、油库和弹药库。24日轰炸伦敦。英空军于次日轰炸柏林，以示报复。8月24日～9月5日，德空军每日出动飞机千余架次空袭英机场，英空军击落德机380架，己方损失飞机295架，伤亡飞行员231名，占全部飞行员四分之一，特别是英国南部5个重要机场遭到严重破坏，7个指挥中心有6个被摧毁，指挥和通信系统已到崩溃边缘，难以继续作战。

第三阶段(9.7～10.31)　德空军改变轰炸目标，即由原来计划的直接消灭英国空军，转而集中力量轰炸伦敦及其附近大城市，英空军得以休整，不列颠之战出现转折。9月7日，德空军出动900余架飞机对伦敦地区进行大规模空袭。随后8天，经常以千机规模，大量使用燃烧弹对伦敦进行轰炸，伦敦多处起火，王宫中弹，居民伤亡较多。但英战斗机部队获得休整，战斗力迅速恢复。英军以战斗机、高射炮、雷达、探照灯和拦阻气球组成防空系统，并不断变更防御部署，改变战术，防空作战能力逐步提高，致使德机损失严重。9月15日，英国空军先后出动19个中队300多架战斗机，迎击进袭的德军200架轰炸机和600架战斗机组成的大机群，激战一整天，在英机抗击下，很多德机被击落，有的盲目投弹后匆匆返航。这一天是不列颠空战的转折点(战后，英国将9月15日定为不列颠空战日，以纪念这一胜利)。10月后，德机由昼间大规模轰炸改为夜间轰炸，规模越来越小，未能达到夺取和保持制空权的预期目的。原订9月21日的登陆计划被迫取消。10月12日，希特勒下令推迟“海狮”计划。此阶段，德空军损失飞机433架，英空军损失242架。

第四阶段(1940.11～1941.5)　德军为隐蔽进攻苏联的企图，继续轰炸伦敦等大城市。为减少飞机损失，主要采用夜间轰炸方式。11月1～13日，平均每天出动飞机100余架夜袭伦敦。11月14日夜，德军轰炸英国考文垂航空工业中心。而后，又空袭了南安普顿、伯明翰、布里斯托尔、普里茅斯、利物浦等城市，但轰炸规模逐步减少。1941年5月，德军准备进攻苏联，将空军主力调往东线，停止轰炸伦敦，不列颠之战结束。

1940年7～10月，是不列颠之战最紧张的4个月，英空军击落德机1 733架，击伤643架，己方损失飞机915架；英国因遭轰炸，军民伤亡14.7万人，占英国对德作战伤亡总数的20%，毁坏房屋超过100万幢。

此役是德军自二战爆发以来首次失败的战役，未达到征服英国的预期目的。英国成为欧洲抵抗运动和盟国反攻欧洲大陆的基地。德军进攻苏联后，始终处于两线作战的境地。德军失败的主要原因是：“海狮”计划本身不成熟，战略指导失误，战役进行中一再改变企图，使英空军危难之时得以休整，迅速恢复战斗力。此役证明：战争初期的防空作战对战争的进程和结局具有重要影响，防御一方应尽最大努力，确保防空作战的胜利；在现代战争条件下实施任何重大战役，首先要夺取制空权，没有制空权，就没有战争的主动权；航空兵是争夺制空权的主力，但只有在其他军种协同下才能取得胜利。　　（华人杰　管有勋）

Dejun Hongzha Kaowenchui

德军轰炸考文垂　(German Bombardment of Coventry)　不列颠之战期间，德国空军于1940年11月14日对英国航空工业中心考文垂的空袭作战行动。14日夜，德空军449架装有“X－蜡膏”无线电导航设备的亨克尔－111型轰炸机，在法国海岸“蛋黄酒”导航台的引导下，直飞目标考文垂。到达目标上空后，共投爆破弹394吨、燃烧弹56吨、定时炸弹127枚。考文垂全城遭受重大破坏，死亡554人，重伤864人，500多家店铺和5万多户民房被毁，12家飞机零件工厂瘫痪，公共事业被迫全部停止，35天后才逐渐恢复。英空军出动121架战斗机与地面防空部队一起，抗击德军空袭，仅击落、击伤德机各1架。

德军空袭成功的主要原因是：由昼间空袭突然转为夜间空袭，英军准备不足；使用无线电导航系统，提高了导航精度，增强了空袭效果。美、英将此次空袭视为早期战略轰炸的雏形。

（管有勋）

Ma'erta zhi Zhan

马耳他之战　(Malta, Battle of)　第二次世界大战期间，德国、意大利空军与盟国空军于1940年6月～1942年8月争夺地中海战略要冲马耳他岛的空中作战行动。

马耳他岛作为英国的海空军基地，位于从直布罗陀经亚历山大到苏伊士运河航线的最关键部位，是德国从意大利通往北非直接补给线上的最大障碍。为了加强该岛防御，英国国防委员会于1939年批准在哈尔法尔、卢卡和塔卡利修建3个机场；在卡拉弗拉纳建立水上飞机基地和雷达站；在岛上部署4个战斗机中队和172门高炮。

1940年6月10日，意大利对英国和法国宣战。11日，意空军首次袭击马耳他，岛上英军仅有18架飞机、50门高射炮。面对意空军的连续攻击，英军陆续向岛上增派20架战斗机和轰炸机。11月，英军转守为攻，将岛上的16架轰炸机组成第148中队，轰炸意大利港口和非洲供应基地，并执行空中侦察任务，为英海军航空兵袭击意塔兰托港提供情报。12月，德国为保护通往北非的供应线，将空军第10军派驻西西里岛，德、意空军用于马耳他岛作战的飞机达到250架。



英国空军在北非作战

1941年1月11日，德空军首次对马耳他岛发起攻击，2艘即将驶抵马耳他岛东岸的英巡洋舰遭袭，一沉一伤。随后，德空军加强对该岛的攻击，仅1月份就轰炸58次。直至5月底，岛上几乎每天遭受3～4次轰炸。迫于德空军的压力，第148轰炸机中队被迫撤离。5月初，英海军利用恶劣天气向马耳他岛提供紧急补给，并增派24架战斗机，组成2个战斗机中队。6月，击退德空军的猛烈袭击，马耳他英军得以幸存。此后，由于英军在北非的推进，德空军第10军从西西里岛撤出，只留下意空军对马耳他岛实施攻击。而后，英军为准备在北非发动“十字军战士”战役，在马耳他岛上集结了10个航空兵中队，不断攻击德、意海上舰船、重要港口和机场，阻止德、意向北非供应军用物资，德、意运输船只受到严重损失。德空军为加强地中海补给线的争夺，将第2航空队从苏德战场调往地中海地区，至12月底，德、意空军在西西里岛拥有250架轰炸机和200架战斗机。英空军在马耳他岛只有70架战斗机和60架轰炸机。

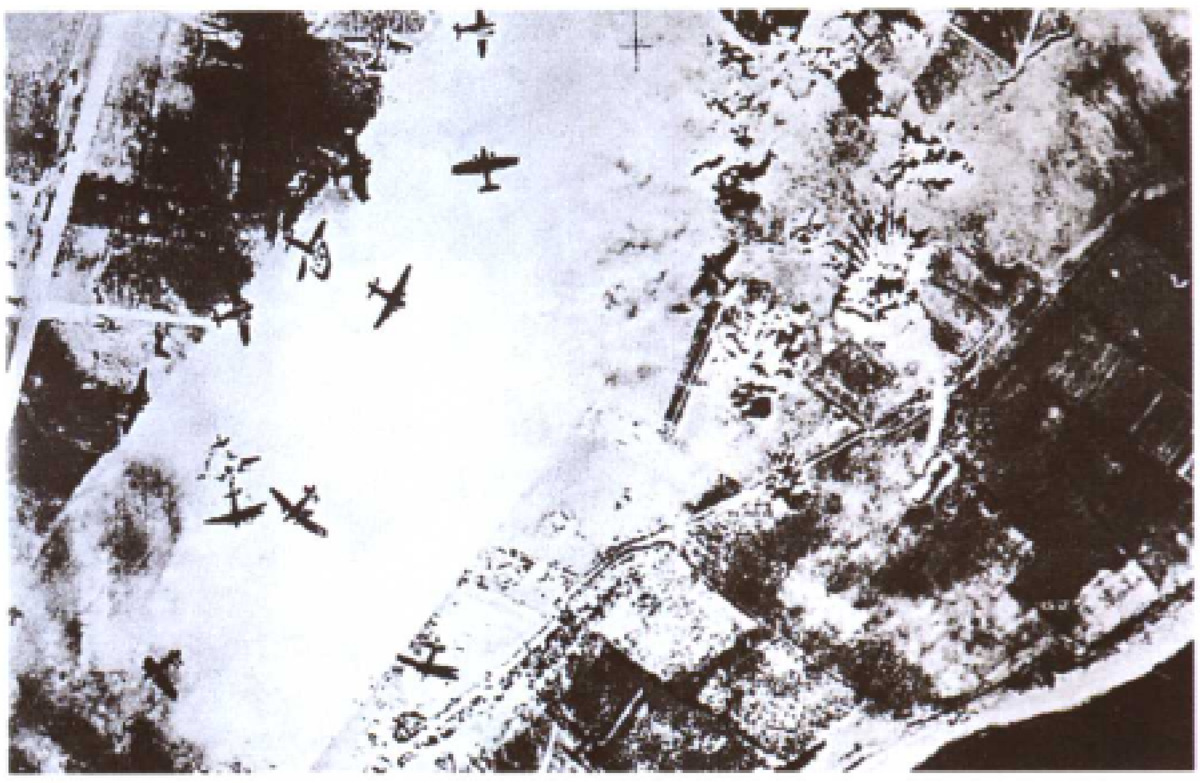
1942年3月20日，德空军开始对马耳他塔卡利机场实施“地毯式轰炸”，机场被毁。此后又将轰炸重点转移到过往马耳他岛的英国船队和瓦莱塔港。4月，德空军加紧空袭，每天出动飞机200架次。英军驱逐舰和潜艇损失巨大，被迫撤离马耳他岛，岛上轰炸机也被迫撤离，仅剩下6架“飓风”式战斗机。4月中旬，美军用航母运载47架“喷火”式战斗机援助马耳他岛，但遭受德空军袭击，损失近半。3月20日～4月28日，德空军共出动轰炸机5 807架次、战斗机5 667架次、侦察机345架次，投弹6 557吨，岛上的机场、码头及船坞遭受严重破坏，首府瓦莱塔等城市一片废墟。从5月开始，盟军加强岛上的空中力量，62架“喷火”式战斗机从美、英航空母舰上起飞到马耳他。德、意空军再次实施轰炸时，遭到英军坚决抵抗，损失惨重。至7月底，英军岛上作战飞机增至260架。8月，盟国空军转入进攻。马耳他岛始终为英军所控制。（管有勋）

Kelitedao Kongjiang Zhanyi

克里特岛空降战役 (Crete, Airborne Operation of the)　第二次世界大战期间，德国军队于1941年5月夺占希腊克里特岛的空降作战行动。

克里特岛位于地中海东部，北控通往黑海海峡的航道，东扼地中海东部海空交通要冲，是英国军队防守苏伊士运河区的前哨阵地和控制东地中海的战略要地。全岛东西长260余千米，南北宽12～55千米，南岸陡峭，北岸地势平缓，公路东西贯通，分别在马莱迈、雷西姆农、伊拉克利翁建有机场。1941年4月，德军侵占南斯拉夫和希腊后，将克里特岛视为入侵北非、苏伊士运河和整个地中海的前进基地，为确保其向东扩张时的安全，控制爱琴海和东地中海交通线，保障罗马尼亚普洛耶什蒂油田不受从克里特岛起飞的英军飞机袭击，决定夺取克里特岛。4月25日，希特勒下达代号为“水星”的作战命令，企图以空降兵占领岛上3个机场，从海上运送重武器和登陆兵上陆。第4航空队司令A.洛尔大将担任战役总指挥。参战兵力为空军第11军第7伞兵师、滑翔突击团和第5山地步兵师，共2.2万人，500余架运输机，80架滑翔机。第7伞兵师和滑翔突击团组成突击集群，编为西部、中部、东部3个集群，分两批在克里特北部的3个机场和干尼亚及苏达港空降。第一批由西部集群夺取马莱迈机场，以保证后续部队着陆；由中部集群一部夺取干尼亚和苏达港，以瘫痪岛上主要港口。第二批由中部集群另一部占领雷西姆农及其机场，东部集群夺取伊拉克利翁及其机场，以保证第5山地步兵师机降。空军第8军(430架轰炸机、180架战斗机)提供火力支援和掩护，海军东南舰队提供海上支援。守岛英军约2.8万人，另有希腊军队1.4万人，由B.C.弗赖伯格少将指挥。守军多为从希腊撤至岛上的部队，人员疲惫，组织涣散，装备低劣，火炮很少，只有6辆坦克，35架飞机。全岛划分为马莱迈、苏达、雷西姆农、伊拉克利翁4个防区。海空支援由英军地中海所属各编队负责。

5月6日，英军掌握了德军拟对克里特岛进行空降突击的主要细节。17日，



德军飞机空袭克里特岛

英、希守军进入高度戒备状态。18、19日，德空军对岛上目标进行频繁轰炸。20日2时，德军空降引导小组在克里特岛伞降，用发光信号标示空降地域。5时起，德空军两次向马莱迈、伊拉克利翁机场和干尼亚的防空设施实施航空火力突击。7时许，第一批空降部队在马莱迈和干尼亚地区空降，遭守军射击，伤亡较重。西部集群着陆后，攻击马莱迈机场及附近制高点107高地，遭遇守军顽强抵抗，双方均伤亡较重；中部集群一部降落在守军防区内，遭守军四面攻击，就地构筑工事进行防御。由于加油困难，第二批空降部队推迟3小时起飞，中部集群另一部和东部集群分别于16时和17时开始空降。



由于掩护飞机未按计划出动，致使空降中遭到守军地面炮火猛烈射击，加之没按序列起飞，空降时秩序零乱，人员分散，损失惨重。战至夜间，预定占领4个目标的目的无一实现。20日夜，德军摩托艇运载山地营从海上增援，遭英舰队截击，被全部击沉。岛上英军未能利用海上胜利及时反击。21日凌晨，西部集群经激战攻占107高地，并随即占领马莱迈机场。天明后，德军向西部集群空投补给品，20日未及空降的600名伞兵和山地步兵师一部先后着陆。西部集群得到加强后，沿公路向东发展进攻。英军遭到德航空兵及增援部队火力突击，伤亡较重，撤出马莱迈防区。23日，德空军突击英舰队，迫使其返回亚历山大港。德军随即从海上输送装备物资，24日占领整个马莱迈地区，随后向东推进，27日占领干尼亚。29日，德军海运坦克登陆，西部集群和东部集群会师并攻占雷西姆农和伊拉克利翁机场。英军在德军地面和空中的强力攻击下，于28日夜开始乘船撤出克里特岛，至31日夜，共撤出1.7万人，未及撤出的6 000人被俘。


德军在克里特岛空降作战

此役，德军死伤约1.4万人，损失220架飞机和大量舰船。英军损失万余人，被击沉舰船38艘，击伤17艘。希军1.4万人被歼，损失大量舰船。

此役，英军丧失了一个战略要地，使德军控制了爱琴海和东地中海航道。此役德军逐次、分散空降，没有形成拳头，不仅延长了战役时间，而且遭到重大伤亡。英海军虽占优势，但因缺少空中掩护而遭重创，被迫撤往埃及，未能向守岛部队提供可靠支援。

（权启礼　郭晓钟）

Yingjiu Mosuolini
营救墨索里尼 (Rescuing Mussolini)
第二次世界大战期间，德国空降突击队于1943年9月12日从意大利科尔诺山监禁地营救B.墨索里尼的行动。

1943年7月25日，意大利发生政变，将免除职务的墨索里尼监禁在科尔诺山的坎普将军饭店。希特勒为重新扶植墨索里尼傀儡政府，一方面增加驻意兵力强行武装占领，另一方面设法营救墨索里尼。27日，德国召开军事会议，拟定营救计划。通过间谍活动，了解到坎普将军饭店位于意中部亚平宁山脉最高峰科尔诺山南坡一个陡峭悬崖的顶部，海拔1 800米，距罗马160千米，通往山上的道路已被封锁，只有一条缆车铁路与山上连结，约有250名政变军人守卫。8月11日，德军确定营救方案，挑选90名伞兵组成空降突击队，使用罗马附近的普拉特克德马雷机场为出发基地，乘12架滑翔机执行机降营救行动，整个行动由斯科增努指挥。为减小着陆滑跑距离，滑翔机尾部安装了减速伞。原计划9月12日清晨起飞，由于滑翔机11时才到达出发基地，起飞推迟至13时。12时30分，出发机场遭



德军用滑翔机机降营救墨索里尼示意图

到美国、英国飞机轰炸，有2架滑翔机起飞时被跑道上弹坑损坏，其余10架起飞进入目标上空，高度360米滑翔机解缆，5架在山谷和缆车铁路站台附近着陆，4架在坎普将军饭店旁小草坪上着陆，1架撞毁在附近岩石上。在山谷着陆的突击队员迅速控制了缆车站台，阻止意政变军向山顶增援。在饭店旁着陆的突击队员趁卫兵慌乱之际冲进饭店，迫使守军投降，救出墨索里尼。此时在饭店上空盘旋的德军1架轻型观察飞机得到地面营救成功的信号后，立即在饭店小草坪着陆。墨索里尼和斯科增努登上飞机。由于供起飞滑跑的距离短，12名士兵拉住飞机，飞行员踩着刹车、加大油门，等螺旋桨拉力增大后，松开刹车起飞，飞机升空，直飞罗马。墨索里尼在罗马换乘亨克尔轰炸机飞往维也纳。

（王海瑛）

Su-Fen Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

苏芬战争空中作战 (Soviet-Finnish War, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，苏联空军于1939年11月～1940年3月在入侵芬兰战争中的空中作战行动。

1939年11月28日，苏联以芬兰军队在边境地区“挑衅”为由，单方面撕毁两国互不侵犯条约，并于次日宣布与芬兰断交，30日对芬兰宣战。苏空军参战飞机约2 500架，主要担负轰炸芬兰城市、空军基地、交通线等重要目标的任务。芬空军参战飞机254架，主要进行抗击作战，并以少量飞机遂行攻击苏地面部队的任务。芬空军在飞机数量和质量上都明显处于劣势，但在作战中顽强抵抗，多次以较小的代价击落苏轰炸机和护航的歼击机，使苏空军一直处于被动局面，损失很大。1940年3月12日，面对苏军的大举进攻，芬兰政府为了避免遭受整个芬兰被占领的重大损失，被迫求和。

此役，苏空军损失飞机789架，芬空军损失飞机109架，其中空战中被击落42架。苏空军在占有绝对优势的情况下遭到重创，主要原因是：①芬空军飞行员具有强烈的爱国心、英勇顽强的斗志、高超的技术和战术素养；绝大多数空战在芬境内进行，飞行员熟悉地理和气象等作战环境；歼击机所占比例大，作战指挥灵活多变。②苏空军轻敌，将缺乏作战经验的轰炸机部队派往苏芬战场，在第一阶段的作战中甚至没有使用歼击机护航；飞行员技术和战术素养较低，不能很快适应芬兰的地理和气象条件；航空技术装备不能适应芬兰的严寒气候，经常发生故障。

（张力军）

Dejun Shanji Sulian Kongzhong Zuozhan

德军闪击苏联空中作战 (German Blitzkrieg on Soviet Union, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，德国空军于1941年6月22日～7月10日在入侵苏联战争初期的空中作战行动。

1940年夏，德国侵占北欧、西欧诸国后即着手制订入侵苏联的“巴巴罗萨”计划，企图用3个月时间击败苏联。德国及其盟国投入侵苏兵力共190个师，作战飞机4 950架(德空军4 000余架，占其空军总兵力的50%)，其中轰炸机占57.8%、战斗机占31.2%、侦察机占11%。全部兵力组成3个突击集团军群，各配属一个航空队。北方突击集团军群配属第1航空队，飞机1 200架；中央突击集团军群配属第2航空队，飞机1 670架；南方突击集团军群配属第4航空队，飞机1 400架。驻挪威、芬兰的德军集团军配有第5航空队和芬兰空军，飞机547架。“巴巴罗萨”计划规定空军的任务是：战争一开始就给苏联空军以沉重打击，使其失去作用；在主要作战地区支援陆军作战；配合战役进程，通过空中突击切断铁路；地面机动作战结束后，对军事工业目标，尤其是乌拉尔以东的军事工业目标实施战略空袭。战争前夕，苏联西部边境4个军区，即波罗的海沿岸军区、西部特别军区、基辅特别军区、敖德萨军区，共有兵力268万人，飞机7 000余架，其中新式飞机1 540架，80%为旧式飞机。苏军最初的作战计划是：以边境掩护部队抗击德军的突击，保障苏军主力的集中和展开，以进攻消灭入侵的德军，并将战争推进到敌国领土。

1941年6月22日拂晓，德军沿苏联整个3 000千米的国境线发起突然进攻。航空兵首先猛烈轰炸苏联的重要城市、铁路交通、通信枢纽和海空军基地等战略目标，然后坦克兵团迅速突击，向苏联防御纵深发展。当天上午，德空军1 200余架飞机，包括510架水平轰炸机、290架俯冲轰炸机、440架战斗机，同时突击苏联边境20～70千米纵深内的66个机场。苏军毫无戒备，停放在机场上的飞机多数被炸毁，部分飞机仓促升空迎战，多数被击落。下午，德空军开始对边境100～400千米纵深的机场实施全面攻击，战斗机与强行升空的苏空军飞机进行空战，并压制苏军的防空兵器。苏边境各军区的空军都未能对德空军大规模袭击组织起有效抗击，损失巨大。当天，苏军损失飞机1 811架，其中1 489架被毁于地面。位于德军主攻方向的西部特别军区空军部队损失最为惨重，飞机损失达47%。德军仅损失飞机35架。德军装甲部队在空军的支援下向苏境内推进20～50千米。在随后的空中作战中，德空军除继续突

击苏军机场外，与苏空军展开激烈空战。由于德空军飞行员实战经验丰富，飞机性能占优，完全掌握了制空权。至7月10日德军闪击战结束，苏空军共损失飞机6 239架。苏空军在损失重大，地面军队节节后撤，通信指挥经常中断的情况下，仍顽强抵抗，并主动突击德军机场。至7月10日，苏军空中击落德机752架，击毁地面德机348架。 （郭晓钟）

Mosike Fangkong Zuozhan

莫斯科防空作战 (Moskow Air Defense Operations) 第二次世界大战期间，苏联军民于1941年7月～1942年4月对首都莫斯科的防空作战行动。莫斯科会战的组成部分。

1941年7月，德军统帅部为夺取苏联首都，从各地调集300余架轰炸机，组成第2航空队特别大队，专门担负空袭莫斯科的任务。苏军在战前进行了充分准备，组成莫斯科防空区(1941年11月改称防空地域)，主要兵力为第1防空军和第6歼击航空兵军，共有歼击机602架、高射炮1 044门、高射机枪336挺、探照灯站618座、拦阻气球站124座、警戒雷达8部、对空监视哨612个。而后随着战局发展，防空兵器逐步增加了近一倍。另有西方面军、加里宁方面军、莫斯科军区的空军和防空部队配合，防空兵力环形梯次配置，防空配系纵深达250千米。在勒热夫、维亚济马一线设立两道雷达预警线。第1道距市区200～250千米，预警时间40～50分钟，第2道距市区150～200千米，预警时间30～35分钟；距市区100～125千米为密集对空监视带；距市中心70千米建立探照灯照射区；地面对空射击区划分为24、22、18千米三层。距保卫目标5千米设有拦阻气球网。

1941年7月21日夜，德空军出动亨克尔－111和容克－88轰炸机250架次，分4批空袭莫斯科，持续5小时。苏军进行了坚决抗击，德机22架被击落，仅12架突入市区。次日夜间，德机空袭减至115架次，第3夜减至100架次，此后投入空袭的飞机数量急剧减少。8月，空袭次数增加，大小机群交替进行；9月转为骚扰性空袭。9月30日，德军发起旨在攻占莫斯科的进攻战役，亦称莫斯科会战。德空军集中第2航空队1 390架飞机参战。苏军用于保卫莫斯科的航空兵，除突击以坦克部队为重点的德军地面部队外，主要担负防空任务，与德军争夺控制权。10～11月，苏军两次组织大规模空中反击作战。10月11～18日，组织5个方面军航空兵团和1个远程轰炸机航空兵团，出动飞机937架次，对德军机场进行了一次空中进攻战役。其中方面军航空兵突击战线附近的德军机场，远程航空兵突击远离战线的德军机场，共击毁机场上的飞机500余架。11月5～7日，为保证在莫斯科红场顺利举行十月革命24周年庆祝活动，苏军集中加里宁方面军、西方面军、布良斯克方面军、莫斯科军区的航空兵部队与远程轰炸航空兵第81轰炸师，对德军29个机场再次进行空中突击，击落、击毁德机111架。苏军的空中反击作战迫使德空军后撤。7月21日～12月5日，德军空袭莫斯科122次，出动飞机8 000余架次，仅有220余架次突入市区，950余架飞机被击落。莫斯科未遭严重破坏，但被炸死1 356人，被毁工厂2家，115家工厂遭局部破坏。9月30日～12月5日，苏空军共出动飞机5.31万架次，击落、击毁德机1 600架，使得苏德双方在该方向上的航空兵兵力对比发生变化，苏军开始掌握战场制空权。苏军于1941年12月转入反攻，至1942年4月，德空军继续以小编队数次空袭莫斯科，均被击退。



苏军歼击机在莫斯科上空警戒

莫斯科防空作战是二战中城市防空较为成功的战例。主要经验是：苏军投入大量兵力，统一指挥，严密组织要地防空部队、方面军和军区的空军与防空部队协同作战，广泛建立民防组织；防空体系围绕目标形成纵深梯次配置；以歼击机作为抗击德机的主要手段；充分利用高射炮部队拦阻射击；将搜索探照灯和跟踪探照灯配合使用；利用拦阻气球构成障碍区；积极组织反击作战等。 （龚雪梅）

Weiyazima Kongjiang Zhanyi

维亚兹马空降战役 (Wiazma Airborne Campaign) 第二次世界大战期间，苏联空降兵于1942年1月3～9日在维亚兹马－尤赫诺夫地区的空降作战行动。莫斯科会战的组成部分。是苏联军队首次进行的大规模空降战役。

1942年1月，莫斯科会战进入苏军反攻阶段。苏军最高统帅部决定在莫斯科西部、西北部和西南部等多个战役方向同时发起反攻。为策应正面进攻，决定在德军战役纵深的维亚兹马以南及西南地区实施战役规模空降作战，切断德军战役后方的交通运输线，配合苏军总攻部队围歼德军战役集团。空降战役分3个阶段：①实施先期作战。1月3日，苏军空降第4军第201空降旅利用夜幕掩护，在德军后方古塞沃附近空降一个营共416人。因行动隐蔽突然，该营成功切断梅定至克列缅斯卡耶、梅定至尤赫诺夫之间的交通运输线，并控制尤赫诺夫以东的大法蒂扬诺沃机场。由于天气条件恶劣，担负增援的后续步兵第250团无法按计划实施机降，该营遂在敌后进行独立的牵制性作战，先后攻占米亚特列沃火车站，摧毁2列军用列车，消灭1个卡车运输队。20日，苏军第43集团军接应该营撤回苏军防线。27日夜，苏军为切断德军西撤道路，出动62架飞机实施第二次空降。空降第4军第8空降旅在德军后方伞降约1 500人。因组织欠周密，部队间协同失调，未能准确伞降在预定地域，部队分散在敌后独立战斗，未能达成预定作战目的。②实施大规模空降。2月10日，苏军最高统帅部决定，由莫斯科会战主攻方向的苏军西方面军指挥空降第4军在第50集团军的配合下，在尤赫诺夫以西地区实施大规模空降，围歼该地区德军重兵集团。17～23

日，苏军出动飞机600余架次，将空降第4军军部及所属第9、第214空降旅和第8空降旅1个营共计约1万余人空降到该地区。由于歼击机掩护不力，空降过程中，空降第4军主要指挥人员乘坐的飞机被德军战斗机击落；伞降散布面积过大，难以及时收拢，降落后未能及时与敌后部队会合，不能与正面进攻的部队形成有效配合，因而没有对德军的战役后方构成严重威胁。③进行敌后作战。2月下旬，德军中央集团军群北线部队在得到增援后，在尤赫诺夫以北和勒热夫地域对苏军实施反突击，苏军在维亚兹马和奥列尼诺地区陷入被动。苏军最高统帅部命令莫斯科西方的部队转入防御，并组织外线作战部队回撤。苏军空降第4军部队在维亚兹马、斯玛布斯克、罗斯拉瓦尔和尤赫诺夫等敌后地域坚持进行5个多月的分散游击活动，频繁袭扰德军交通运输，牵制德军至少5个师的作战部队，减轻了苏军正面防线的压力。空降部队在付出重大伤亡后，于8～9月陆续撤回苏军防线。

此役未能达到预期目的，主要原因是：战役计划不周，缺乏统一指挥，通信联络不畅，协同失调；对空降地域的敌情掌握不准；缺乏在夜间和冬季复杂气象条件下实施空降作战的经验；运输机数量不足，导致大规模空降作战持续时间过长，失去作战的突然性；空降部队缺乏航空火力支援和反坦克火力。

（王明志）

Dejun Jiemiyangsike Kongyun

德军捷米扬斯克空运 (Dzemyansk Airlift by German Forces) 第二次世界大战期间，德国空军于1942年2～5月援救被围困在苏联捷米扬斯克地域部队时的大规模紧急空运行动。

1941年12月，苏联军队将德国军队阻滞在莫斯科前沿，并转入反攻。至1942年2月8日，苏军将德军第2军、第10军的6个师共10万人合围在捷米扬斯克附近长65千米、宽35千米的地域内。德军为拯救被围部队，决定向其空运物资。8～9日，德空军容克运输机部队进驻普斯科夫的西、南两个机场，以及科洛维的索洛、奥斯特洛夫、里加利、德文斯克基地。普斯科夫距捷米扬斯克250千米，其中有150千米位于苏军防线内。20日，40架容克－52型飞机在捷米扬斯克机场降落，空运第一批物资。开始阶段，德军以单机飞越苏军防区。苏联空军随即加强了防空，并派歼击机在德军运输机航线上巡逻。对此，德军加强了战斗机护航，或采用运输机编队飞行，靠机上的机枪组成密集火力网进行自卫，阻止了苏空军歼击机的拦截。初期，有220架容克－52型飞机担负空运，由于修理、保养和气候等原因，出动率只能保持在30%，不能满足被围部队每天300吨的物资需求。为此，运输机逐步增加到600架。为保障夜间和不良天气条件下着陆，避免着陆时飞机阻塞跑道，德军于3月在捷米扬斯克以北12公里的彼斯基修建了一个应急机场。从2月20日～5月18日的3个月时间里，被围部队的供应完全靠飞机运输来支撑。期间，德空军使用约1 030架飞机，运送各类物资2.43万吨，平均每天运送276吨；运出伤员2.2万人，补充兵员1.54万人。空运消耗燃料4.32万吨。5月18日以后，德军又打通了一条通向包围圈的狭窄地面通道，空运随之减少。

空运行动保持了捷米扬斯克被围德军的作战能力，为而后的作战行动创造了条件。空运成功的主要原因是：当时苏空军兵力有限，苏军最高统帅部对德军空运估计不足，决心不大，没有集中空中力量对德军运输机起降机场进行打击。德军运输机部队因事故或被防空火力打击共损失飞机265架，伤亡空勤人员383名；过于繁重的空中运输牵制了德军的空中力量，使其他作战行动受到限制，给整个战局带来不利影响。

（郭晓钟）

Sidalingele Kongzhong Fengsuo

斯大林格勒空中封锁 (Stalingrad Air Blockade) 第二次世界大战期间，苏联空军和国土防空军于1942年11月23日～1943年2月2日在斯大林格勒会战反攻阶段中对被围德军的空中封锁作战行动。

1942年11月18日，苏军击退德军对斯大林格勒最后一次进攻后，于19日转入反攻。23日，苏军顿河方面军与斯大林格勒方面军将德军22个师约33万人合围、压缩在方圆1 500平方千米的范围内。因希特勒下令禁止后撤，被围德军只能依赖空运补给固守阵地。为阻止被围德军获得空运补给，削弱其战斗力，苏军在全力突击被围德军的同时，实施了空中封锁作战。空中封锁由最高统帅部大本营和方面军指挥员组织指挥，由西南方面军、顿河方面军和斯大林格勒方面军的航空兵和防空部队在国土防空军部队的密切配合下实施。为完成空中封锁任务，规定了空军集团军的分界线和活动空域；对合围地域内的机场进行封锁和监视；航空兵部队和高炮部队建立通信联络协同作战；调整对空情报系统，沿合围地域建立报知和引导无线电台网，并由地面部队中的航空兵代表使用无线电设备进行报知和引导。并划分了4个空域：1号空域为合围对外正面以外的地区，主要是消灭起飞机场上的敌机，在该空域作战的有空军第8、第16、第17集团军以及远程航空兵的兵团和部队；2号空域位于合围地域的对内对外正面之间，分成5个扇区，每个扇区由1个航空兵师负责；3号空域紧靠合围地域，由部署在该区域内的近400门高射炮和250挺高射机枪负责消灭德军飞机；4号空域为合围地域，航空兵、高射炮兵和野战炮兵负责歼灭该区域内的空中和地面的德军飞机。在整个空中封锁过程中，通过空战、突击机场和对空射击等战斗行动，共消灭德军近1 200架飞机，其中30%是运输机和轰炸机。被围德军得不到必需的物资器材、武器弹药、给养和油料(第6集团军每昼夜至少需要补充300吨物资，实际只能得到50～80吨)，战斗力被严重削弱。空中封锁加速了被围德军的失败。

斯大林格勒空中封锁集中使用了空军和国土防空军各兵种的兵力兵器，组成严密的空中封锁；采取空战、突击机场和对空射击相结合的手段，提高了空中封锁效率；建立统一的空情报知系统，对全部兵力兵器实施集中统一指挥，保证了空中封锁任务的顺利完成。

（管有勋）

Kuban Kongzhan

库班空战 (Kuban, Air Battle over) 第二次世界大战期间，苏联空军与德国空军于1943年4～6月在塔曼半岛库班河一带进行的空中战役。高加索会战的组成部分。

1942年7月～1943年10月，德国军队为夺占盛产粮食和石油的苏联高加索



苏军在空战中击落德机

地区并进而侵入中近东，与苏联军队展开会战。1943年1月会战转入第二阶段后，在苏军的强大攻势下，德军退至库班河下游和塔曼半岛。为夺取苏德战场南翼制空权，支援地面部队解放塔曼半岛，苏军集结北高加索方面军航空兵和黑海舰队航空兵部分兵力，飞机约900架，后增至约1 100架，由方面军空军司令员K.A.维尔希宁中将指挥。德军企图使用空中力量消灭梅斯哈科登陆场苏军，破坏苏军进攻，守住塔曼半岛。参战兵力为第4航空队，作战飞机近1 200架，后增至1 400架，由第4航空队司令W.von里希特霍芬指挥。整个战役包括3次大规模空中交战和1次突击机场作战。

第一次空中交战于4月17～24日在梅斯哈科地区上空进行。德军出动第4航空队的450架轰炸机和200架战斗机，支援地面部队进攻苏第18集团军的登陆集群。苏军为给第18集团军提供航空兵保障，投入约500架作战飞机。空战最初几天，德军凭借兵力数量和配置方面的优势，夺取了战役制空权。20日，苏空军对德军进行了两次大规模空袭，每次出动飞机200余架，经过8天激战，苏军赢得第一次空中交战胜利，击落德机152架，己方损失76架。

第二次空中交战于4月29日～5月10日在克雷姆斯卡亚地区上空进行。苏第56集团军转入进攻后，苏德双方最大限度地出动航空兵支援地面部队作战。苏军发起进攻的第一天，出动作战飞机1 308架次，空战甚为激烈。在12天的空战中，苏军击落德军飞机368架，己方损失70架，赢得了第二次空中交战的胜利，夺取了库班河上空的制空权。

第三次空中交战于5月26日～6月7日在基耶夫斯卡亚和莫尔达万斯卡亚地区上空进行。是库班空战中规模最大的一次。德军在苏军北高加索方面军正面集中1 400架飞机，飞机数量比苏军多出1.5倍。在对苏军地面部队实施集中突击时，有时一天进行50多次编队空战，暂时夺回战场制空权。苏空军通过采取灵活的战术，经过激烈的空战，击落德机315架，己方损失150架，最终掌握制空权。

4月17～29日，苏军机群突击了高加索地区的18个德军机场，击毁德机260架。

库班空战历时50多天，双方投入大量兵力，进行多次空中交战，每次持续时间长达数小时。苏军出动飞机约3.5万架次，击毁击伤德军飞机1 100余架，其中击落800余架。空战结果，苏空军取得苏德战场南翼制空权，为夺取整个苏德战场的战略制空权打下了基础。苏军库班空战的主要特点是：在主要方向上大量集中使用航空兵力，并在空战中不断增强力量；广泛使用地面无线电台指挥空中作战；成功采用了垂直机动战术和按高度作层次配置、被称作“库班书架”的新的战斗队形。

（胡晓惠）

Ku'ersike Huizhan Kongzhong Zuozhan

库尔斯克会战空中作战 （Kursk, Air Operations in the Battle of） 第二次世界大战期间，苏联空军与德国空军于1943年7月5日～8月23日在库尔斯克会战中的空中作战行动。

德军在斯大林格勒会战失败后，希特勒考虑到德军在库尔斯克突出部地域所处的有利态势，决定发起代号为“堡垒”的战役，以摆脱困境，防止轴心国集团土崩瓦解。会战前，双方都加强了空军兵力。德军从本土、法国和挪威增调13个航空大队，加强在库尔斯克突出部作战的第4、第6航空队，飞机总数达到2 050架，其中轰炸机1 200架，攻击机100架，战斗机600架，侦察机150架。苏军航空兵集群由中央方面军空军第16集团军、沃罗涅日方面军空军第2集团军、西南方面军空军第17集团军和远程航空兵基本兵力编成。防御战役开始时，又增调最高统帅部预备队航空兵兵团加强各空军集团军，飞机总数达到2 172架，歼击机数量几乎为德军的2倍，但德军昼间轰炸机数量为苏军的2.4倍。

在会战准备阶段，苏空军先后进行了两次空中战役，力求把德军航空兵消灭于机场，最大限度地削弱战场中央地段的德军航空兵集群，为夺取制空权创造有利条件。第一次空中战役于1943年5月6～8日进行。苏军在1 200千米的正面集中了第1、第2、第8、第15、第16、第17空军集团军，出动飞机1 392架次，对德军22个机场实施突袭，击毁德机501架(429架毁于地面)，己方损失122架。第二次空中战役于6月8～10日进行。苏军参加这次作战的有第1、第2、第15空军集团军及远程航空兵数个兵团，出动飞机3 360架次，突击德军15个机场，击毁德军飞机249架(168架毁于地面)，己方损失飞机106架。在突击机场的同时，还与德空军进行空战，抗击德机对苏军机场和铁路设施的袭击，并对德军重兵集团、指挥机构、铁路和公路运输、通信枢纽和仓库进行了轰炸。两次空中战役沉重打击了德军航空兵力量，为在会战中夺取制空权创造了条件。

7月5日德军发动进攻，会战开始。苏军在奥廖尔至库尔斯克和别尔哥罗德至库尔斯克两个方向上开始了防御战役。由于德军航空兵在会战准备阶段受到沉重打击，兵力不足，无力夺取整个作战地区的制空权，便将所有轰炸机、战斗机集



库尔斯克会战中的苏军空地协同作战

中于坦克部队和摩托化部队的突破方向上。为了钳制德空军的活动，将其逐出战场并夺取制空权，苏军统帅部调集航空兵主力，与德空军展开激烈空战。在奥廖尔至库尔斯克方向上的防御战役持续到7月12日。此间，苏军第16空军集团军出动飞机7 600架次，远程航空兵出动800架次，摧毁德机517架，夺取了战役制空权，有力地支援了地面部队粉碎德军的进攻。在别尔哥罗德至库尔斯克方向上，苏空军共出动飞机1.9万余架次，仅7月5日就进行了175次编队空战，击落德机239架。防御战役期间，苏军航空兵在空中和地面共消灭德机约1 500架，己方损失飞机约1 000架。

苏军在库尔斯克防御战役取得胜利后，在奥廖尔至库尔斯克方向上实施反攻，行动代号“库图佐夫”。从7月12日开始至8月18日结束，苏空军集中了3倍于德空军的优势兵力，前线航空兵和远程航空兵在36昼夜内共出动飞机6.1万架次，投弹1.5万吨，击毁德机1 400余架。在完全掌握了制空权的条件下，苏军共歼灭德军21个师，夺回奥廖尔突出部。在别尔哥罗德至哈尔科夫方向上的反攻，从8月3日开始至8月22日结束，苏空军集中了2倍于德空军的优势兵力，共出动飞机2.8万余架次，摧毁德机800架，始终掌握制空权，为陆军部队完成任务创造了条件。

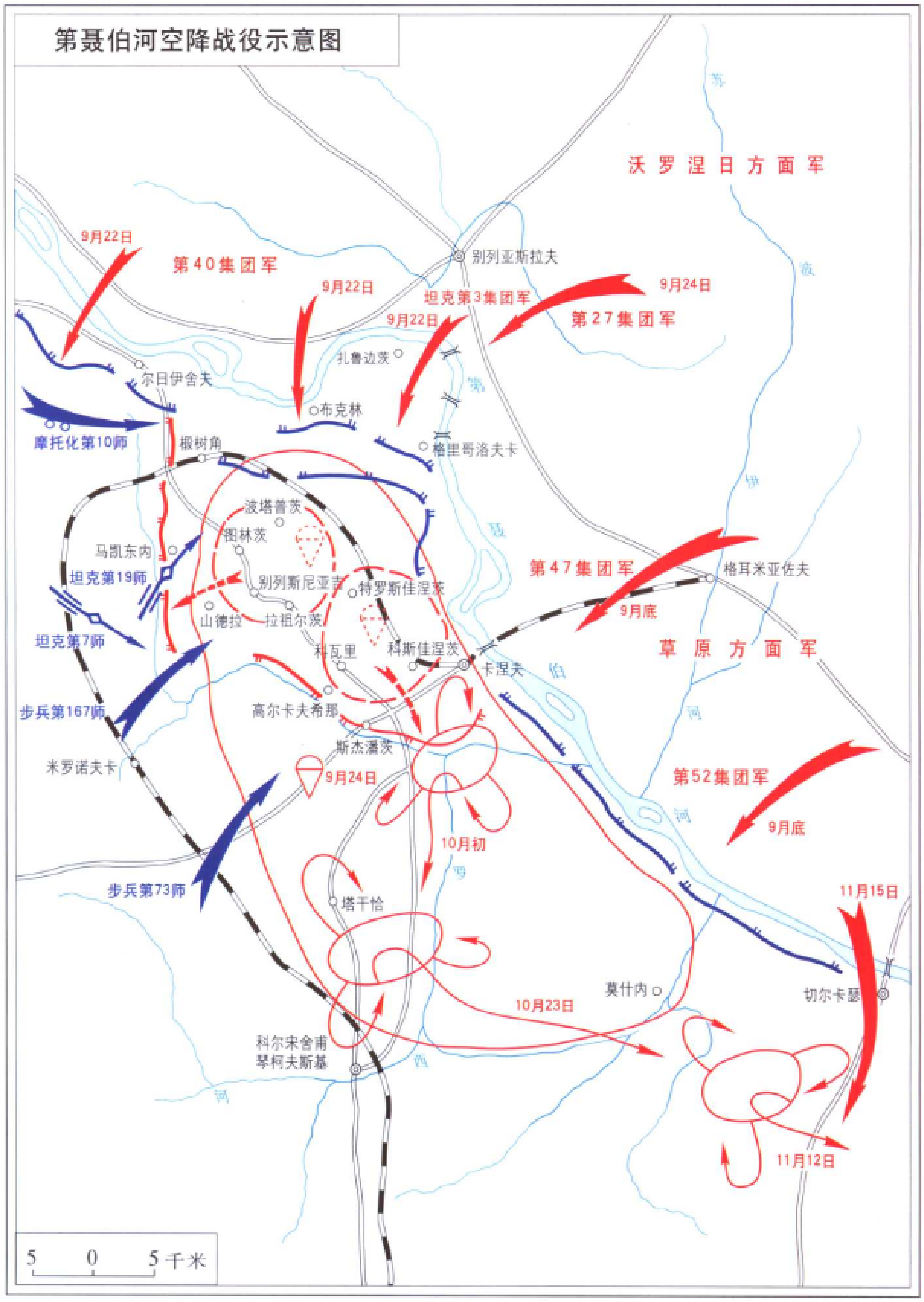
在库尔斯克会战的防御和反攻过程中，苏空军共出动飞机11.6万架次，在空战中和地面上共消灭德机3 700架。会战的显著特点是争夺制空权的斗争非常激烈。苏空军为争夺制空权出动的飞机架次占到总出动架次的35%。此次会战，苏空军最终夺取了苏德战场战略制空权，并且一直保持到战争结束。通过会战，苏空军得到了进一步锻炼，完善了航空兵各兵种的战术；进一步发展了空军战役理论。空军与陆军的协同方法及对航空兵的组织指挥能力也得到了进一步提高。

（王　谦）

Diniebohe Kongjiang Zhanyi

第聂伯河空降战役 (Dnepr Airborne Campaign)　第二次世界大战期间，苏联空降兵于1943年9月在第聂伯河会战中的空降战役行动。

1943年8～12月，苏联军队为解放第聂伯河东岸乌克兰、顿巴斯、基辅，并在



第聂伯河空降战役示意图

第聂伯河右岸夺取登陆场，与德国军队在第聂伯河地区展开会战。为配合这次会战，苏军组织了大规模空降战役。参战空降部队是由第1、第3和第5空降旅组成的一个军，约1万人。任务是夺取并坚守第聂伯河右岸登陆场，阻止德军预备队从西部和西南部开进，配合地面部队强渡第聂伯河。远程航空兵的180架里－2型运输机负责运送伞降人员，10架伊尔－4型拖曳飞机和35架滑翔机运送火炮和重型兵器；第2空军集团军和远程航空兵兵团负责实施掩护。空降战役前，德军调集兵力，在苏军第3、第5空降旅的预定空降地域加强了防御。

9月24日夜，第5旅开始空降，因准备不足，当夜计划出动飞机500架次，实际只出动296架次。计划空投的4 575名伞兵和666袋弹药、给养中，有30%的伞兵和42%的弹药、给养未能空运到战斗行动地域。伞降过程中，由于遭到德军猛烈的防空火力袭击，跳伞高度被迫由600米改为1 200米，造成散布面积大，2 300余名伞兵分散成35个战斗小组边打边撤向森林地带，转入敌后游击作战。25日夜，第3旅开始空降，13架飞机未找到空降场返航，3架飞机迷航，将伞兵错投到德军后方和第聂伯河中。其他飞机上的伞兵降落后散布面积达30 × 90平方千米，大部分落入德军阵地和战斗队形中，遭到德军猛烈射击，伤亡很大。落地后的

伞兵在极端困难的条件下分为小组进行作战，至9月底各战斗小组逐步集中起来，10月27日又收拢一些分散人员，人数达到1 200人。作为预备队的第1旅空降在坎涅夫以南德军防守薄弱地区，顺利集合。空降部队一直对德军进行袭扰作战，配合第52集团军渡过第聂伯河，占领和巩固登陆场。11月28日，空降部队将阵地移交进攻部队后撤离。

苏军此次空降战役严重失利，空降部队遭受重大伤亡。主要原因是：未能及时掌握德军在空降地区加强防御的情报；空降准备仓促；着陆散布面积大，失去通信联络，缺乏统一指挥。（胡晓惠）

He'erxinji Kongzhong Jingong Zhanyi

赫尔辛基空中进攻战役 (Helsinki Air Offensive Campaign) 第二次世界大战后期，苏联空军于1944年2月对芬兰首都赫尔辛基实施的空中进攻战役。1943年，苏军打破了德国军队对列宁格勒的封锁，但北面仍受到芬兰的威胁。苏联政府要求芬兰退出反苏战争，遭到拒绝后，决定使用远程航空兵对赫尔辛基实施战役突击。苏空军将远程航空兵作战序列编为数个军纵队。每个军纵队的战斗队形由天气侦察分队、保障分队、突击梯队和检查突击效果分队组成。按照远程航空兵司令员A.E.戈洛万诺夫空军元帅的命令，分别于1944年2月6日、16日、26日3个夜间，对赫尔辛基市内的军事工业和军事指挥机构等重要目标进行大规模密集突击。突击梯队的轰炸机以单机跟进队形，在不同高度保持一定时间间隔对目标进行突击，突击密度为每分钟4～5架飞机。26日的突击最为猛烈，850架飞机在12小时内从不同方向进入，投弹1万余枚。此役，共出动飞机2 120架次，赫尔辛基的军事目标和军事工业遭到严重破坏，促使芬兰国内民主运动高涨，纷纷要求当局退出希特勒侵略集团，停止对苏联的军事行动。（王海瑛）

Bai'eluosi Zhanyi Kongzhong Zuozhan

白俄罗斯战役空中作战 (Byelorussia Campaign, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，苏联空军于1944年6～8月在白俄罗斯战役中的空中作战行动。

1944年上半年，苏联军队在苏德战场南北两翼给德国军队以歼灭性打击，但中段进展缓慢，形成白俄罗斯突出部。苏军最高统帅部决定于6月23日发起白俄罗斯战役，围歼德军主要集群，解放明斯克，向波兰发起进攻。苏军投入战役的有4个方面军及5个空军集团军，总兵力140万人。第1、第3、第6、第16空军集团军和远程航空兵第18集团军，共5 300架飞机参战，由空军司令员诺维科夫负责协调整个空中作战行动。主要任务是：掩护陆军集团突破德军防御，突击其有生力量、火力发射阵地和指挥所；破坏德军有组织的撤退，阻止其预备队向战场开进；实施不间断的空中侦察；远程航空兵突击德军机场和铁路运输线。为此，苏军修建了大量野战机场，保证每个航空兵团有一个机场。德军总兵力120万人，作战飞机1 340架。

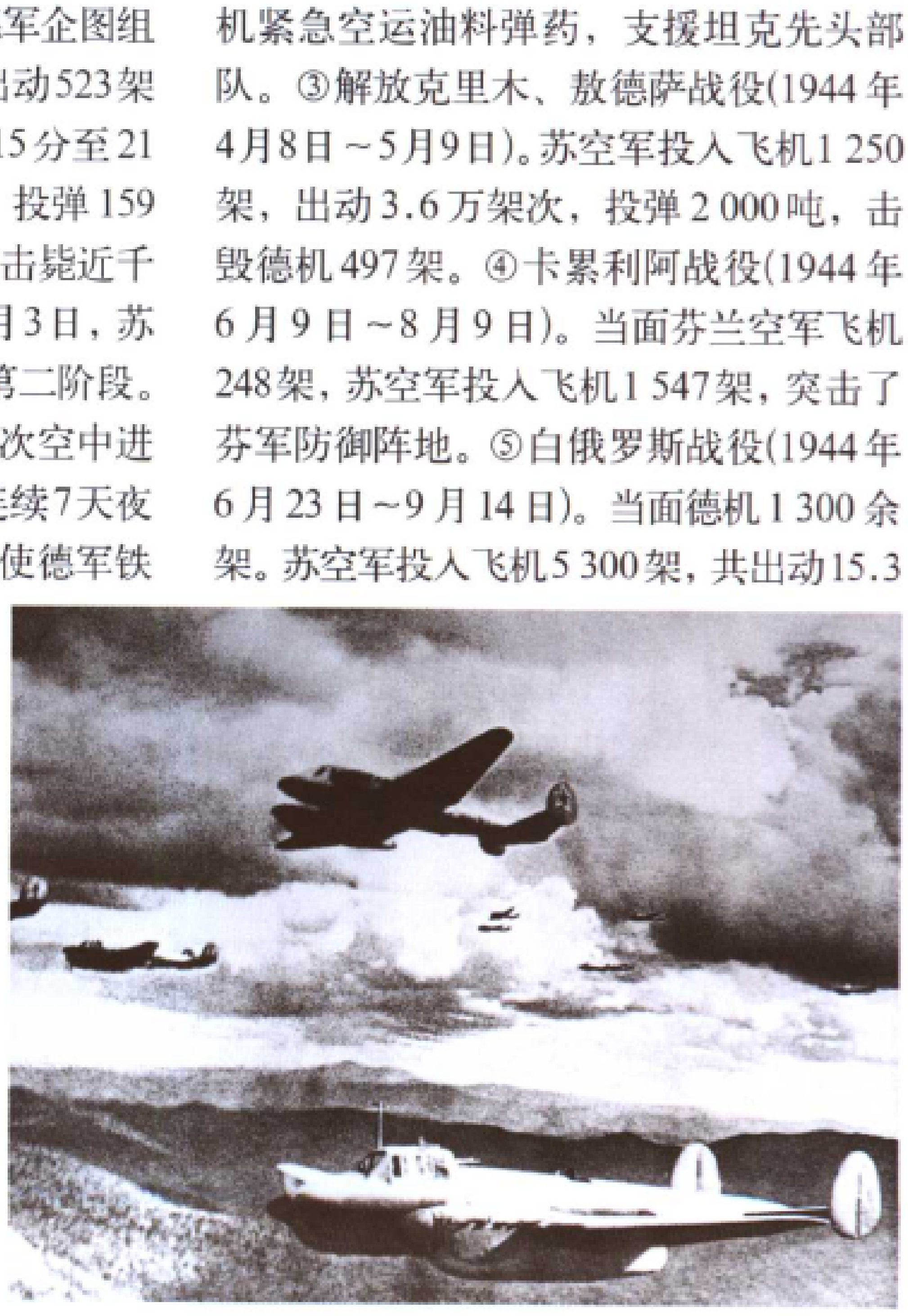
战役开始前，苏军为掌握制空权，6月13～18日，远程航空兵出动轰炸机1 472架次，对德军布列斯特、明斯克等8个机场实施突击。22日夜，远程航空兵和前线航空兵出动轰炸机1 000余架次，开始实施航空火力准备。23日晨，强击机连续出动，对德军进行攻击。战役的前4天，苏空军共出动飞机2.8万架次，保障地面快速兵团突破了德军防御地带。6月27日，被围困在博布鲁伊斯克地区的德军企图组织突围，苏军第16空军集团军出动523架轰炸机和强击机，于当晚19时15分至21时对德军集结地实施密集突击，投弹159吨，炸毁德军大量坦克和汽车，击毙近千人，粉碎了德军的突围企图。7月3日，苏军解放明斯克。5日，战役转入第二阶段。5～12日，远程航空兵组织了一次空中进攻战役，出动飞机7 600架次，连续7天夜间袭击战区由北向南的铁路线，使德军铁路运输大部分陷于瘫痪。此后继续不间断地组织空中打击行动。战役期间，苏军还大量实施空运，远程运输机和民航运输机共运送5.5万人，3 500吨物资。8月29日战役结束。

此役，苏空军共出动飞机15.3万架次，在空中和地面击毁德机近2 000架。由于空中作战准备充分，作战指挥灵活，与陆军密切协同，空中行动隐蔽突然，有力地支援了地面部队作战。（杨宇杰）

Shici Daji Kongzhong Zuozhan

“十次打击”空中作战 (“10 Strikes”, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，苏联军队于1944年1月～1945年11月间分别在10个地区对德国军队发动一系列进攻战役中的空中作战行动。苏军称10次战役为“十次打击”。1944年开始，苏军在苏德战场上转入全面进攻。按照最高统帅部计划，进攻在10个地区依次展开。苏空军担负的主要任务是：保持战略制空权，协助陆军突破德军防御；歼灭被围德军集群；破坏德军交通线，阻止德军机动和有计划的撤退；进行不间断的空中侦察；远程航空兵袭击德军战役后方的铁路枢纽、机场、港口、预备队及深远后方目标，特别是大工业中心。

整个作战行动是在苏空军已经夺取战略制空权的条件下进行的。“十次打击”依次是：①解除列宁格勒封锁战役(1944年1月14日～3月1日)。当面德机370架。苏空军投入飞机1 386架，出动近3万架次，深入突击德军后方赫尔辛基军事工业目标，投弹4 500吨，击毁德机290架。②第聂伯河西岸围歼科尔孙－舍甫琴科夫斯基德集群战役(1944年1月24日～2月16日)。苏空军投入飞机768架，出动1.13万架次，击毁德机1 400架，并出动波－2飞机紧急空运油料弹药，支援坦克先头部队。③解放克里木、敖德萨战役(1944年4月8日～5月9日)。苏空军投入飞机1 250架，出动3.6万架次，投弹2 000吨，击毁德机497架。④卡累利阿战役(1944年6月9日～8月9日)。当面芬兰空军飞机248架，苏空军投入飞机1 547架，突击了芬军防御阵地。⑤白俄罗斯战役(1944年6月23日～9月14日)。当面德机1 300余架。苏空军投入飞机5 300架，共出动15.3



苏军轰炸机编队出击

万架次，战前对德军前沿机场进行了突击，战役中成功配合地面部队围歼德军集群，战役后期出动4 821架次飞机支援华沙起义军民。⑥乌克兰西部利沃夫－桑多梅日战役(1944年7月13日8月底)。当面德机700架。苏空军投入飞机3 250架，向各个作战方向派出作战小组，保证不间断地支援地面军队进攻，共出动4.8万架次，投弹6 500吨，击毁德机550架，对消灭企图突围的德军起到关键作用。⑦乌克兰南部雅西－基什尼奥夫战役(1944年8月20～29日)。苏空军投入2 200架飞机参加作战。⑧波罗的海沿岸战役(1944年9月14日～11月24日)。苏空军投入2 200架飞机参加作战。⑨东南欧的4次战役(1944年9月8日至1945年初)。苏空军共投入3 400余架飞机，先后进入捷克、南斯拉夫、匈牙利作战，共出动飞机1.35万架次，击毁德机570余架。其中在贝尔格莱德战役中，空军主要用于突击撤退德军，破坏铁路、公路枢纽等。⑩北极圈地区战役(1945年10月7日～11月9日)。苏空军投入1 000余架飞机参加作战。在整个“十次打击”中，苏空军共出动59万架次，击毁德军飞机5 300余架，支援地面军队赢得了战役胜利。（杨宇杰）

Budapeisi Kongzhong Jingong Zhanyi
布达佩斯空中进攻战役 (Budapest Air Offensive Campaign)　第二次世界大战后期，苏联空军于1944年9月13～19日对匈牙利首都布达佩斯的空袭作战行动。为迫使德国的最后一个盟国匈牙利退出反苏战争，9月13、14、18、19日，苏军远程航空兵共出动飞机1 129架次，对布达佩斯的军事、经济等目标进行4次大规模密集突袭，投弹8 000枚。破坏了匈牙利部分军事工业设施，加速了其退出反苏战争的进程。（杨宇杰）

Dongpulushi Zhanyi Kongzhong Zuozhan
东普鲁士战役空中作战 (East Prussia Campaign, Air Operations in the)　第二次世界大战后期，苏联空军于1945年1～4月在东普鲁士进攻战役中的空中作战行动。

1944年底，苏联军队将德国军队逐出苏联国土。为围歼东普鲁士地区和波兰北部德军集群，决定发起东普鲁士战役。苏军参战兵力为白俄罗斯第2、第3方面军及波罗的海舰队，第1、第4、第18空军集团军及波罗的海舰队航空兵共3 097架飞机参加作战。德军防御部队中有1个航空队，飞机775架。为配合方面军的佯动，苏军第1空军集团军在方面军左翼修筑假机场，设置160架强击机和歼击机模型，架设模拟空军集团军司令部活动的电台。

1945年1月13日，战役主攻部队白俄罗斯第3方面军发起进攻。14～18日，配属的第1空军集团军共出动飞机1万余架次(夜间出动占24%)，支援地面部队突破德军第二防御地带。法国飞行员组成的“诺曼底”团也参加了作战。14日，白俄罗斯第2方面军在华沙以北发起进攻。16日，配属的第4空军集团军出动飞机2 500架次，突击德军防御阵地，投弹1 800吨。1月19日～2月9日，第1、第4空军集团军共出动飞机1.79万架次，有力地支援了地面部队进攻。2月10日～3月29日，在白俄罗斯第3方面军歼灭东普鲁士地区德军的作战中，第1空军集团军出动飞机2万架次，击毁敌机128架。4月，战役转入第二阶段，白俄罗斯第3方面军受命攻占柯尼斯堡市，由3个空军集团军和波罗的海舰队航空兵担负空中支援，参战飞机2 444架，包括轰炸机1 124架，强击机470架，歼击机830架。柯尼斯堡有德军13万人，作战飞机170架，高射炮450门。6日，苏军发起攻击。空军当天出动飞机1 052架次。7日中午又出动伊尔－2型强击机和佩－2型轰炸机118架突击邻近德军机场。13时10分，第18空军集团军514架重型轰炸机在124架歼击机掩护下，密集轰炸柯尼斯堡，持续45分钟，投弹550吨。随后再次组织突击。9日，柯尼斯堡德军投降。苏空军连续4昼夜作战，出动飞机约1.4万架次，投弹4 440吨。

此役，苏军出动飞机14.6万架次(包括海军航空兵4 100架次)，其中61.4%用于直接支援地面部队作战。苏空军在战役进程中以强大的空中突击摧毁德军城防要塞，是夺得整个战役胜利的决定因素之一。（胡娴娟）

Weisiwahe-Aodehe Zhanyi Kongzhong Zuozhan
维斯瓦河－奥得河战役空中作战 (Wisla-Odra Campaign, Air Operations in the)　第二次世界大战后期，苏联空军于1945年1月12日～2月3日在维斯瓦河－奥得河进攻战役中的空中支援作战行动。

德国军队被逐出苏联国土后，1945年1月初，苏联军队为尽快前出到奥得河，解放波兰，最后进攻柏林，决定发起维斯瓦河－奥得河战役。苏军投入的空军兵力为第2、第16空军集团军和波兰第4混成航空兵师，飞机4 770架。德军投入的空军兵力为第6航空队，编成内有第4、第8两个航空兵军，飞机600余架。战前，苏空军进行周密准备，严守部队调动机密；修建假机场，设置飞机模型和特种车辆模型；周密伪装机场等。由于采取措施得力，苏军机场几乎没有受到德军空中突击。

1月12日，苏军发起战役进攻，分为两个阶段。第一阶段(1月12～17日)，突破德军防御，为向纵深发展创造条件。战役开始后，苏空军将85%以上的兵力集中用于支援地面部队突击兵团作战，主要突击进入交战地域的德军预备队，撤退的德军纵队等；积极支援地面部队在行进间强渡尼达河、皮利查河和瓦尔塔河；给华沙地下爱国组织空运大量武器弹药、给养、药品。17日，粉碎德军主力，华沙解放。第二阶段(1月18日～2月3日)，迅猛追击德军，击溃其战略预备队，攻占西里西亚工业区，在奥得河西岸夺取登陆场。在苏军地面部队继续向奥得河进攻时，由于气象条件恶劣、道路泥泞不堪，野战机场不能使用，航空兵的推进滞后于地面部队。德军航空兵凭借驻地天气良好，且有铺设人工道面的机场等有利条件，向白俄罗斯第1方面军进攻，出动飞机约1.4万架次，而同一时间苏军第16空军集团军仅出动624架次。苏军采取紧急措施，利用公路干线某些地段充作歼击机跑道，提高了飞机出动率。

此役，苏军消灭了盘踞在波兰的德军，强渡奥得河，在其西岸夺取部分登陆场，进至距柏林60千米的地区。共出动飞机约5.4万架次，进行空战1 150次，击落德机908架，并取得紧随进攻的地面部队实施转场机动和使用公路跑道的经验。（胡娴娟）

Bolin Zhanyi Kongzhong Zuozhan
柏林战役空中作战 (Berlin Campaign, Air Operations in the)　第二次世界大战



苏军飞机轰炸柏林

后期，苏联空军于1945年4月16日～5月1日在柏林战役中的空中作战行动。

1945年春，苏联和美国、英国等盟军分别从东西两面进入德国本土作战。苏军进抵奥得河、尼斯河一线，距柏林仅60千米。苏军最高统帅部为彻底消灭德军，结束欧洲战争，同时鉴于英国首相丘吉尔力促英、美军队先于苏军攻占柏林的情况，决心立即组织攻克柏林的战役。驻守柏林地区的德军是维斯瓦集团军群所属第3、第9坦克集团军和中央集团军群所属第4、第7坦克集团军，共约100万人，作战飞机3 300架，包括梅塞施米特-262型喷气式战斗机120架，城防高射炮600门。苏军投入白俄罗斯第1、第2方面军，乌克兰第1方面军共3个方面军及波罗的海舰队一部，空军远程航空兵第18集团军，第聂伯河区舰队，还有波兰第1、第2集团军，共计162个步兵师和骑兵师，2个坦克军和机械化军，4个空军集团军(第2、第4、第16、第18集团军)，总兵力250万人，作战飞机8 300架，包括波兰空军飞机297架。战役准备期间新建和修复机场290处。苏空军的作战任务是：夺取战役制空权；实施不间断的空中侦察；掩护方面军部队及后方；保障坦克军团突破防御和向纵深发展进攻；突击向战场开进的敌预备队。

4月16日凌晨3时，苏军第1方面军由正面发起进攻，150架轰炸机突击德军防御阵地。天亮后，745架轰炸机实施密集突击。15时，出动647架飞机掩护两个坦克集团军进攻作战。当日，3个空军集团军共出动飞机6 550架次，投弹1 500吨，保障地面军队突破德军第一防御地带。16～19日，第16空军集团军出动飞机1.47万架次，击落敌机474架，第2空军集团军出动飞机7 517架次，击落敌机155架。在突破德军第二防御地带时，第18空军集团军出动轰炸机743架，对6个支撑点密集突击42分钟，投弹884吨，德军遭受重大损失。22日，3个方面军从东、北、南方向合围柏林。24日夜至25日，1 486架飞机(其中轰炸机680架)对柏林市区实施突击。30日，苏军攻占柏林国会大厦。5月1日，3架轰炸机由16架歼击机护航，通过国会大厦上空，用降落伞投下写着“胜利”和“五一节万岁”的两面红旗。2日，柏林卫戍司令H.魏德林率守军投降。8日，德军统帅部代表W.凯特尔元帅在柏林签署无条件投降书。

柏林战役是苏军在二战期间实施的规模最大的战役之一。此役，苏空军共出动飞机9.2万架次，创造一天出动1.75万架次的最高记录；空战1 317次，击落敌机1 132架，地面击毁100架；投弹4.5万吨，击毁敌坦克、装甲车500辆，汽车近万辆，火炮1 750门。苏空军损失飞机527架。航空兵作战实现了集中指挥，并通过及时转场，利用公路跑道起降等，集中兵力支援地面部队进攻；在突击城市时建立多处雷达引导站，保证了与地面部队的密切协同。（胡娴娟）

Yingjun Kongxi Talantuo Jungang
英军空袭塔兰托军港 (Taranto, British Air Attack on) 第二次世界大战期间，英国海军航空兵于1940年11月11日对意大利海军基地塔兰托的空中袭击。

塔兰托军港位于亚平宁半岛南方塔兰托湾东北部，分内外港，是意大利最主要的海军基地，战略地位十分重要。意海军依托该基地掌握地中海中部海域的制海权。1940年6月10日意大利向英国和法国宣战后，英在地中海的交通线受到意舰队的严重威胁。为确保海上交通线的安全，英军决定使用舰载机投掷新制磁性鱼雷夜袭港内的意舰队。担负突袭任务的主要兵力是“光辉”号航空母舰编队(含巡洋舰、驱逐舰各4艘)。航母上的21架“剑鱼”式舰载机(鱼雷机11架、轰炸机6架、照明机4架)分编为2个波次。鱼雷机每架携带MKX-Ⅱ鱼雷1枚，负责攻击战列舰；轰炸机负责攻击巡洋舰和驱逐舰；照明机负责照明并轰炸岸上设施。由英军驻马耳他岛的飞机担负侦察任务，驻希腊机场的轰炸机作为预备队，协同此次突袭作战。塔兰托港对空防御严密，英军进行了长时间筹划和准备，突袭计划多次因月色和天气等原因推迟。11月6日，英地中海舰队总司令A.B.坎宁安率舰队从亚历山大港出发。为隐蔽企图，一路向西航行，10日中午，转向东航行。舰队在航行途中加强空中巡逻，多次击中、击落跟踪的意大利飞机，使意海军无法了解英军的行动路线和意图。11日晨，马耳他岛上的侦察机对塔兰托港进行侦察，获得港内意军舰均未出航的情报，并掌握到舰只的准确停泊位置。20时，“光辉”号航母在凯法利尼亚岛以西约40海里、距塔兰托170海里处占领阵位。20时35分，第1波12架飞机(鱼雷机6架、轰炸机4架、照明机2架)从航空母舰上起飞，23时开始攻击。轰炸机俯冲轰炸内港停泊的军舰，鱼雷机攻击外港停泊的战列舰，照明机向港内投掷照明弹，并配合鱼雷机攻击。第1波攻击进行顺利，意海军“加富尔”号和“利托里奥”号战列舰被击中。英方损失飞机1架。随后，第2波起飞9架飞机(鱼雷机5架、轰炸机2架、照明机2架)起飞(途中1架轰炸机因故障返航)，继第1波攻击后再次攻击。意军利用地面防空火力展开防御。战斗持续约1个小



英军飞机空袭塔兰托港

时，“利托里奥”号再次被鱼雷击中，另一艘战列舰“多里奥”号也被鱼雷命中。英方损失1架飞机。

英军空袭塔兰托港，开创了使用舰载机突袭海军基地并取得胜利的先例。英海军仅损失2架飞机，击沉意战列舰1艘，击伤战列舰2艘、巡洋舰1艘、驱逐舰2艘，摧毁塔兰托基地的水上机场和油库。意舰队遭到重创，被迫转移到其他港口，英海军从此掌握了地中海的制海权。

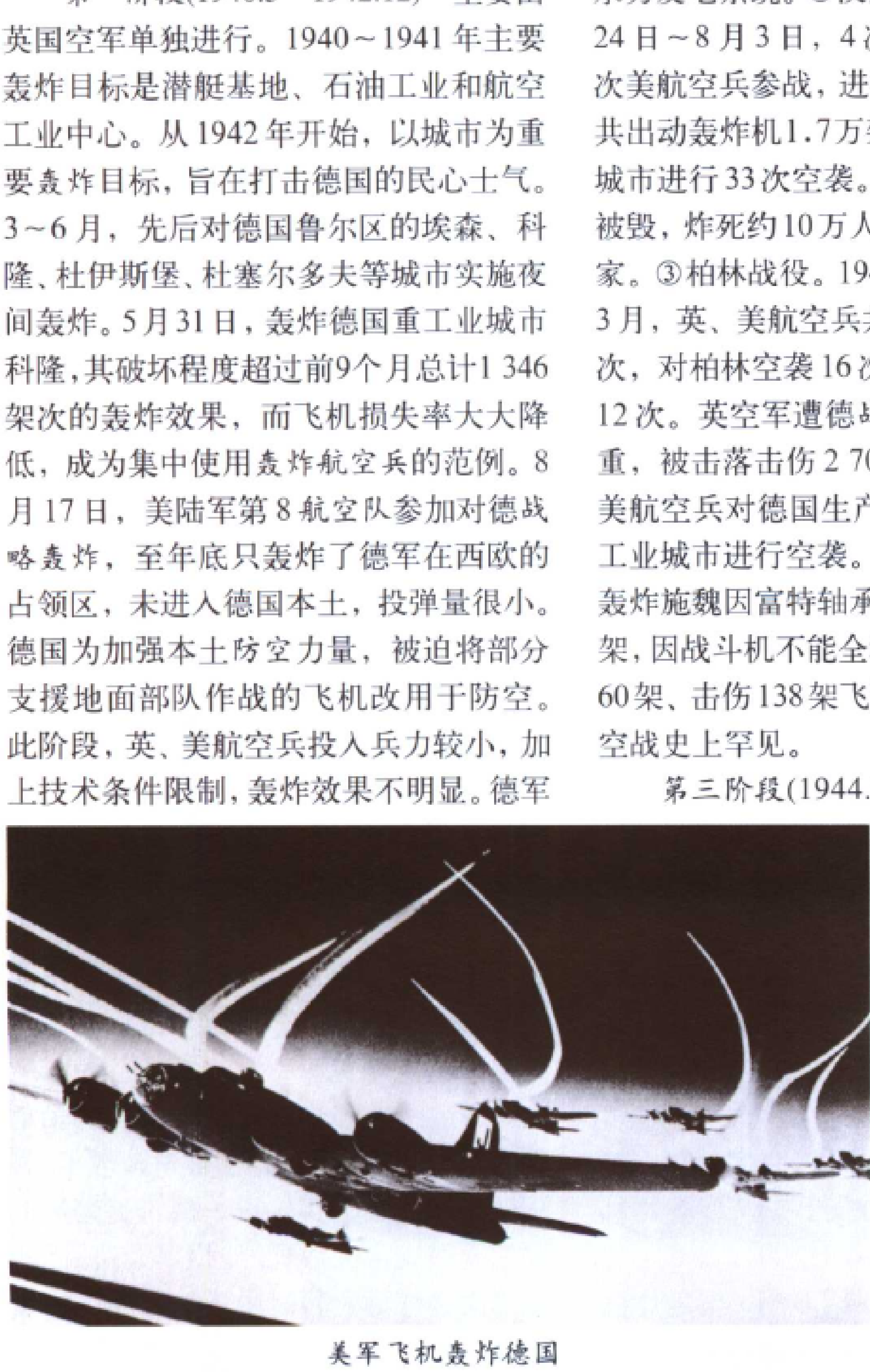
（何京柱　郭晓钟）

Ying-Meijun dui De Zhanlüe Hongzha
英美军对德战略轰炸 (Anglo-American Strategic Bombing against Germany) 第二次世界大战期间，英国空军和美国陆军航空兵于1940年5月～1945年4月对德国本土及其占领区的空中进攻作战行动。是世界战争史上规模最大、时间最长的轰炸突击。整个作战分为4个阶段。

第一阶段(1940.5～1942.12) 主要由英国空军单独进行。1940～1941年主要轰炸目标是潜艇基地、石油工业和航空工业中心。从1942年开始，以城市为重要轰炸目标，旨在打击德国的民心士气。3～6月，先后对德国鲁尔区的埃森、科隆、杜伊斯堡、杜塞尔多夫等城市实施夜间轰炸。5月31日，轰炸德国重工业城市科隆，其破坏程度超过前9个月总计1 346架次的轰炸效果，而飞机损失率大大降低，成为集中使用轰炸航空兵的范例。8月17日，美陆军第8航空队参加对德战略轰炸，至年底只轰炸了德军在西欧的占领区，未进入德国本土，投弹量很小。德国为加强本土防空力量，被迫将部分支援地面部队作战的飞机改用于防空。此阶段，英、美航空兵投入兵力较小，加上技术条件限制，轰炸效果不明显。德军火工业产量1942年仍增加了50%，飞机产量继续大幅度提高，民心士气未受到大的影响。但英、美航空兵取得了大规模轰炸的初步经验。

第二阶段(1943.1～1944.1) 英、美军有了统一作战目标，逐步加强对德战略轰炸。1943年1月，英、美在卡萨布兰卡会议上确定战略轰炸的目的是削弱德国的军事、经济和工业实力，摧毁德国人的斗志，使其丧失军事抵抗能力。轰炸的顺序为潜艇工业、航空工业、交通运输系统、石油工业等。但对如何执行这一决定两国存在分歧。英国主张夜间面积轰炸，美国主张昼间精确轰炸。双方各行其是，极少协同。在此期间，英空军首先对德国比斯开湾沿岸的潜艇基地发动一次空中战役，随后又进行了3次摧毁德国城市的空中战役。①鲁尔战役。1943年3～7月，对鲁尔区若干城市进行43次空袭，除摧毁埃森、科隆等城市外，还炸毁了水坝等水力发电系统。②汉堡战役。1943年7月24日～8月3日，4次夜袭汉堡。其中2次美航空兵参战，进行了昼间补充轰炸。共出动轰炸机1.7万架次，对汉堡及其他城市进行33次空袭。汉堡市60%的房屋被毁，炸死约10万人，工厂被毁近5 000家。③柏林战役。1943年11月～1944年3月，英、美航空兵共出动飞机2万余架次，对柏林空袭16次，对其他城市空袭12次。英空军遭德战斗机截击，损失严重，被击落击伤2 700余架。在此期间，美航空兵对德国生产飞机和滚珠轴承的工业城市进行空袭。1943年10月14日，轰炸施魏因富特轴承厂，出动轰炸机291架，因战斗机不能全程护航，被德机击落60架、击伤138架飞机，损失率之高，为空战史上罕见。

第三阶段(1944.2～6) 为配合诺曼底登陆战役，夺取战役和战略制空权，重点轰炸德国北部的铁路枢纽、桥梁和机场等交通运输目标以及飞机制造厂等航空工业目标，并对德军V-1、V-2导弹发射阵地进行突击。同时继续轰炸城市，先后对柏林、莱比锡、法兰克福、纽伦堡等城市进行大规模空袭。由于空袭目标集中，投入兵力大，提高了轰炸效果。至诺曼底登陆前，英、美军已掌握战区制空权，并成功地进行空中阻滞，孤立登陆地域的德军，为登陆作战创造了条件。



美军飞机轰炸德国

第四阶段(1944.7～1945.4) 为早日结束战争，集中轰炸德国的石油工业目标、交通运输系统和兵工厂，同时继续轰炸大城市。9个半月内，投弹量超过前几年的总和。对石油工业目标的轰炸，7月为35次，8月为20次，9月进行十多次千机轰炸，每月投弹数万吨，严重破坏了德石油工业的生产能力。至1945年4月，德国的合成石油月产量比前一年同期下降95%。德军因严重缺油，无法采取大规模作战行动。随着西欧战局的顺利发展，1945年1月，加强对交通运输系统的攻击，并增大轰炸德国城市的规模。由于盟军掌握了战略制空权，英、美军在轰炸中飞机损失大为减少，轰炸效果显著，德国在经济上、军事上面临崩溃。1945年4月16日，美国驻欧洲战略航空兵司令C.斯帕茨宣告结束对德战略轰炸。

战略轰炸历时5年，英、美军共出动轰炸机144万余架次、战斗机268万余架次，投弹270万吨，其中在德国本土投弹136万吨。对工业目标投弹量占13.7%，除最后阶段轰炸石油工业目标效果显著外，其余均无明显效果。对陆上交通投弹量占32.1%，在战争后期取得明显效果。对工业城市投弹量占23.7%，其中对德国本土61个10万人以上城市投弹50万吨，摧毁360万户民房，约占德国住房的20%。据联邦德国统计局1956年发表的数字，平民亡57万人、伤88.5万人。对德轰炸期间，英国损失飞机2.2万架、亡4.7万人；美国损失飞机1.8万架、亡4.3万人；德国损失飞机5.7万架。

第二次世界大战中，英、美是最早提倡以战略轰炸夺取战争胜利的国家。德国投降后，两国分别组织调查团调查轰炸效果，后经战犯审判记录及德国档案印证，此次战略轰炸并未取得预期效果。

（华人杰　管有勋）

Yingjun Hongzha Aogesibao
英军轰炸奥格斯堡 (Augsburg, British Bombardment of) 第二次世界大战期

间，英国空军于1942年4月17日对德国奥格斯堡潜艇发动机制造厂的远程空袭行动。

奥格斯堡位于德国南方，距慕尼黑约50千米，是德国潜艇发动机主要生产制造厂所在地，潜艇发动机产量约占德国总产量的50%。英国及其他盟国舰船在大西洋和地中海经常受到德潜艇的攻击，损失较大，英空军决定摧毁这座工厂。为此挑选了经验丰富的飞行人员，进行低空编队飞行训练和模拟轰炸。在轰炸奥格斯堡当日，还实施佯攻，轰炸德军其他目标，以掩护担负主攻任务的轰炸机编队突防。17日15时，英空军第44、第97轰炸机中队各出动6架兰开斯特式轰炸机，分别从林肯郡沃丁顿村机场、伍德豪尔机场起飞，在空中会合后，以中队为单位分作两批，顺利飞越英吉利海峡。进入法国境内后，第44中队遭到德军高射炮火的拦截，1架轰炸机被击伤。飞到埃夫勒地区时，又遭到德军30余架梅塞施米特－109型战斗机的截击，4架被击落，只有2架飞抵目标实施轰炸。返航时僚机中弹起火，迫降于奥格斯堡附近，只剩下1架飞机返回英国。第97中队在向奥格斯堡飞行途中，虽遭遇德军高射炮火猛烈抗击，但仍飞到目标上空实施了轰炸，退出战斗时被击落2架、击伤1架。此次轰炸破坏了德潜艇发动机制造厂的1个车间厂房和1个工具仓库，对其生产能力未造成多大影响。英空军损失7架飞机和49名空勤人员。　（管有勋）

Yingjun Shouci Qianji Dahongzha
英军首次“千机大轰炸”　(British First “Bombing with One Thousand Aircraft”)　第二次世界大战期间，英国空军于1942年5月30日出动1 000余架飞机对德国城市科隆的大面积集中轰炸行动。

1942年2月，英空军轰炸机指挥部司令A.T.哈里斯主张对德国大城市实施大规模集中轰炸，以挫败德国的民心士气，削弱其战争潜力。该主张得到英首相丘吉尔的支持。科隆是位于德国莱茵河沿岸的重工业城市，有机械制造、化学、冶金等工业，是首次“千机大轰炸”的目标。为保证轰炸顺利实施，英军不仅动用一线空军作战部队和海岸防御指挥部所属的全部轰炸兵力，而且从训练部队抽调300多架轰炸机，使参战飞机达到1 046架。为提高轰炸精度，还研制成功了代号为“骏马”、“双簧管”和H2S系统等电子设备。5月30日黄昏，参战飞机分批从多个基地起飞，在预定会合点编成大机群密集战斗队形后，飞越英吉利海峡，直飞科隆。午夜时分抵达目标上空，将大批燃烧弹和爆破弹投向科隆市中心地区。空袭持续1个半小时，共投弹1 455吨，其中66%是燃烧弹，造成城市大面积起火，市中心地区的一半建筑物被彻底摧毁，工业企业遭受重大损失，与其他城市中断通信达9天之久；造成486人死亡，5 000多人受伤，14万人无家可归。其破坏程度超过前9个月总计1 346架次的轰炸效果。为迷惑德军防空系统，在轰炸科隆的同时，英空军还派出50多架飞机对德军其他目标进行佯攻。轰炸科隆，英空军仅损失40架轰炸机，战损率为3.8%，成为集中使用轰炸航空兵作战的成功范例。



“千机大轰炸”中的英军飞机编队

此次轰炸的主要特点是：首次将先进电子设备用于战略轰炸；大量使用燃烧弹，造成科隆大面积起火；采用佯攻战法，空袭效果好。英军轰炸科隆，迫使德军从苏联前线抽调部分飞机用于本土防空，减轻了苏德战场苏空军的压力。　（管有勋）

Meijun Hongzha Shiweiyinfute
美军轰炸施魏因富特　(Schweinfurt, American Bombardment of)　第二次世界大战期间，美国陆军航空兵于1943年8月和10月对德国施魏因富特轴承厂的空袭作战行动。施魏因富特轴承厂是德国最大的轴承生产基地，滚珠轴承产量占德国总产量的50%，被列为重点轰炸目标。

第一次轰炸于8月17日实施。由美陆军第8航空队230架B－17型轰炸机执行。为分散德空军注意力，第8航空队先派出一支由146架B－17型轰炸机组成的分遣队，从英国基地起飞，经施魏因富特轰炸雷根斯堡梅塞施米特飞机制造厂，然后向南到阿尔及利亚着陆。由于轰炸施魏因富特的机群因气象原因推迟3个小时起飞，使德战斗机有充分的时间做好再次出动准备，轰炸雷根斯堡没有起到分散德空军兵力的目的。美军轰炸机刚抵达莱茵河一带时就遭到德战斗机的攻击，并一直持续到返航至英吉利海峡上空。美机采取连续跟进突击的战术，拉长编队距离，以消耗德战斗机的油量，减弱其攻势。此次轰炸，有80枚炸弹直接命中两个主要滚珠轴承厂。美损失轰炸机36架，多架被击伤。

第二次轰炸于10月14日实施。由320架B－17轰炸机执行，P－47型战斗机配置于机群前方和周围担负掩护，“喷火”式飞机等候在英吉利海峡上空掩护轰炸机编队返航。此外还安排60架B－24型轰炸机执行牵制任务，吸引驻法德空军的注意力。上午10时左右，全部飞机按计划起飞。因受浓雾影响，机群盘旋了近2个小时，才完成战斗编队，29架B－17型轰炸机因迷航未能加入编队。P－47型战斗机掩护轰炸机群飞越比利时后返航。机群抵达德国边境附近时遭到德战斗机的猛烈攻击，轰炸机仅靠飞机上的机枪进行自卫。接近施魏因富特时，德战斗机退出战斗，由德军高射炮火实施拦截。由于空中没有德战斗机的攻击，美轰炸机投弹集中，轰炸效果很好。美轰炸机退出攻击后，又受到德战斗机的攻击。德军集中约300架昼间战斗机和40架战斗轰炸机沿美轰炸机的飞行航线轮番进行拦截，直到盟国空军战斗机赶来增援时，才停止截击。此次轰炸，美轰炸机群291架中被击落60架，击伤138架，战损率之高，为世界空战史上罕见。

经过两次轰炸，施魏因富特的轴承生产能力下降60%，德国被迫疏散工厂，从瑞士和瑞典购买轴承。由于美轰炸机缺乏远程战斗机护航，战损率太高，因此第二次轰炸后，暂时中止执行原订的轰炸计划。　（胡晓惠）

Ying-Meijun Hongzha Hanbao

英美军轰炸汉堡 (Hamburg, Anglo-American Bombardment of) 第二次世界大战期间，英国空军和美国陆军航空兵于1943年7～8月对德国汉堡实施的空中进攻战役。行动代号“蛾摩拉战役”。

1943年，英、美为了打击德国民心士气，削弱其抵抗意志，决定对德国大城市进行大规模轰炸，汉堡市成为重要目标。“蛾摩拉战役”包括连续进行的4次大规模轰炸。第一次轰炸于7月24、25日夜进行。德军驻汉堡的兵力有54个中口径高射炮中队，26个小口径高射炮中队，22个探照灯中队和3个烟幕施放中队。英空军出动791架轰炸机，首次大规模采用飞机投撒铝箔片干扰雷达的方法，使沿航线的德军指挥雷达和汉堡市区雷达受到严重干扰，全部失灵。整个空袭持续两个半小时，共投弹2 396吨，其中大部分是燃烧弹。燃烧弹爆炸后迅速引起大火，市区成为一片火海，给汉堡造成严重破坏，史称“汉堡大火暴”。英空军损失飞机12架，伤31架。25、26日昼间，美航空队进行了补充轰炸，先后出动飞机235架，轰炸汉堡造船厂、柴油发动机厂。随后，英空军又派出少量“蚊”式轰炸机对汉堡进行骚扰性空袭。第二次轰炸于27日、28日夜进行。英空军出动轰炸机787架，再次投放铝箔片干扰德军雷达，共投弹2 417吨，汉堡市的比尔瓦德区几乎被夷为平地，英空军损失飞机17架，伤49架。第三次轰炸于29日、30日夜进行。英空军出动轰炸机726架，投弹2 382吨。由于德空军夜间战斗机增多，并改进战术，英空军损失较大，被击落30架，击伤43架。第四次轰炸于8月2日、3日夜进行。英空军出动轰炸机740架，因天气恶劣，轰炸效果不佳。



美军飞机轰炸汉堡

此役，英、美航空兵共出动轰炸机1.7万余架次，投弹9 000余吨，汉堡市30万户住宅被毁，死亡10万余人，183座大型工厂被彻底破坏，4 118家小工厂被彻底破坏。对汉堡的轰炸迫使德军从苏德战场撤回大量空军兵力用于本土防卫，从而有效支援了苏军在东线的作战。“蛾摩拉战役”的主要特点是：在世界空战史上首创飞机大规模投放铝箔片干扰雷达；最早采用“连续大规模轰炸”战术；大量使用燃烧弹，有效增强了空袭效果；主要轰炸活动均在夜间进行。 （姜 华）

Chuansuo Hongzha

“穿梭”轰炸 (“Shuttle” Bombing) 第二次世界大战期间，美国陆军航空兵于1943年8月～1944年9月利用英国、意大利、阿尔及利亚和苏联机场起降，对德国东部及东欧各国境内德军目标实施“往返”轰炸的作战行动。飞机从英国或意大利境内的基地起飞，突击德国、匈牙利或罗马尼亚的目标后，继续飞到阿尔及利亚或苏联机场着陆，经加油和补充弹药，又在回程中遂行新的战斗任务，而后返回英国或意大利基地。“穿梭”轰炸增大了飞机的作战半径和轰炸行动的突然性。因轰炸行动以目标为中心，执行任务的飞机像钟摆一样运动，又称“钟摆”轰炸。

1943年8月17日，美陆军第8航空队的146架B-17型轰炸机从英国基地起飞，经德国城市施魏因富特对雷根斯堡进行密集轰炸，随后向南直飞阿尔及利亚，当德战斗机隐蔽集结在美机返回英国必经航线待机攻击时，美机已越过阿尔卑斯山在阿尔及利亚机场着陆，“穿梭”轰炸首战告捷。1944年，根据美、苏两国协议，由苏联提供基辅地区的波尔塔瓦机场群，供美军航空兵进行“穿梭”作战的机群降落，并组建第169特种空军基地担负保障任务。机场群的防空由苏联防空歼击航空兵第310师和防空第6军的高射炮兵负责。规定每月进行6次“穿梭”作战，约有360架B-17、B-24型轰炸机和150～200架P-51型护航战斗机参战。6月2日，美陆军第15航空队750架飞机从意大利机场起飞，完成轰炸任务后，部分飞机返回基地，航空队司令K.艾克尔中将率领64架P-51型战斗机、128架B-17型轰炸机直飞到苏联的波尔塔瓦机场群着陆。6日，又从苏联机场起飞，逆向轰炸加拉兹地域的目标，返回意大利机场降落。这是美军首次利用苏联机场进行“穿梭”轰炸。21日，美军第8航空队从英国基地出动2 500架飞机，轰炸柏林的工业目标。其中137架轰炸机和62架战斗机在柏林以东1 500公里的苏联波尔塔瓦机场群降落。7月11日，美军1 000多架飞机袭击罗马尼亚和南斯拉夫境内的军事目标，完成任务后部分飞机到波尔塔瓦机场群降落。

“穿梭”轰炸持续1年多。其中1944年6月2日～9月19日，苏联各空军基地共维护保障1 030架美军飞机，完成了2 207次战斗出动，对德国及其占领国的13个重要目标实施轰炸，投弹量约2 000吨。1944年9月底，苏军与盟军大举推进，美军第8、第15航空队的轰炸机和战斗机作战半径已能全部覆盖德军占领区，“穿梭”轰炸行动结束。

（王海瑛）

Meijun Hongzha Puluoyeshidi Youtian

美军轰炸普洛耶什蒂油田 (Ploesti Oil Field, American Bombardment of the) 第二次世界大战期间，美国陆军航空兵于1942年6月和1943年8月对罗马尼亚普洛耶什蒂油田的空袭行动。

普洛耶什蒂位于罗马尼亚首都布加勒斯特以北56千米处，是欧洲最大油田所在地，拥有12座独立的炼油厂，年产石油1 000万吨。1940年7月罗马尼亚宣布加入轴心国后，普洛耶什蒂成为德国进行侵略战争的重要油料供应基地，德国所需油料的1/3以及意大利所需的全部油料都源于该油田。1942年6月11日夜，美军13架B-24型轰炸机首次轰炸普洛耶什蒂，几乎没有取得战果，反而促使德军加强了该地区的防空。

1943年1月，盟军卡萨布兰卡会议确定轰炸德国石油工业目标，美国决定

再次轰炸普洛耶什蒂。担任轰炸任务的是美陆军第8、第9航空队，共5个大队，177架B−24型轰炸机。战前，参战部队在利比亚的班加西基地进行了实弹模拟合练，为增大轰炸机航程，改装了飞机油箱，更换了发动机。8月1日凌晨4时，美军轰炸机满载炸弹从班加西基地相继起飞，编成3机楔形跟进队形，掠过地中海，经科孚岛进入阿尔巴尼亚，飞越保加利亚山区，长途奔袭1 900多千米，在最低的安全高度和保持无线电静默情况下进入罗马尼亚。由于德军驻雅典的监听站及时破译了美机出动的电报，随后索非亚的雷达也发现该机群，保加利亚空军立刻出动战斗机截击。11时30分，当美机群距离目标仅20分钟航程时，德军驻米其尔基地的第4战斗机联队出动52架战斗机拦截，罗空军也出动战斗机迎击。此时，美机群先头部队出现航向偏差，飞到普洛耶什蒂南面的布加勒斯特后又转回，惊动了对方整个防空系统。美机不得不在极其密集的高射炮火网中实施轰炸，队形混乱，投弹失准。先投的炸弹击中储油库，引起浓烟大火，使后续梯队看不清目标，大部分炸弹都未能击中要害目标，影响了轰炸效果。

此次轰炸，击中的大部分是储油库，主要炼油设备损失不大，油田不久即恢复了生产。由于没有远程战斗机的掩护和指定专门压制敌防空兵器的兵力，美军轰炸机兵力损失严重，56架飞机被击落，3架飞机返航时坠海，多架飞机受伤，第二天仍可出动的飞机只有33架。这次轰炸并不成功，美军被迫暂时放弃对石油目标的轰炸。

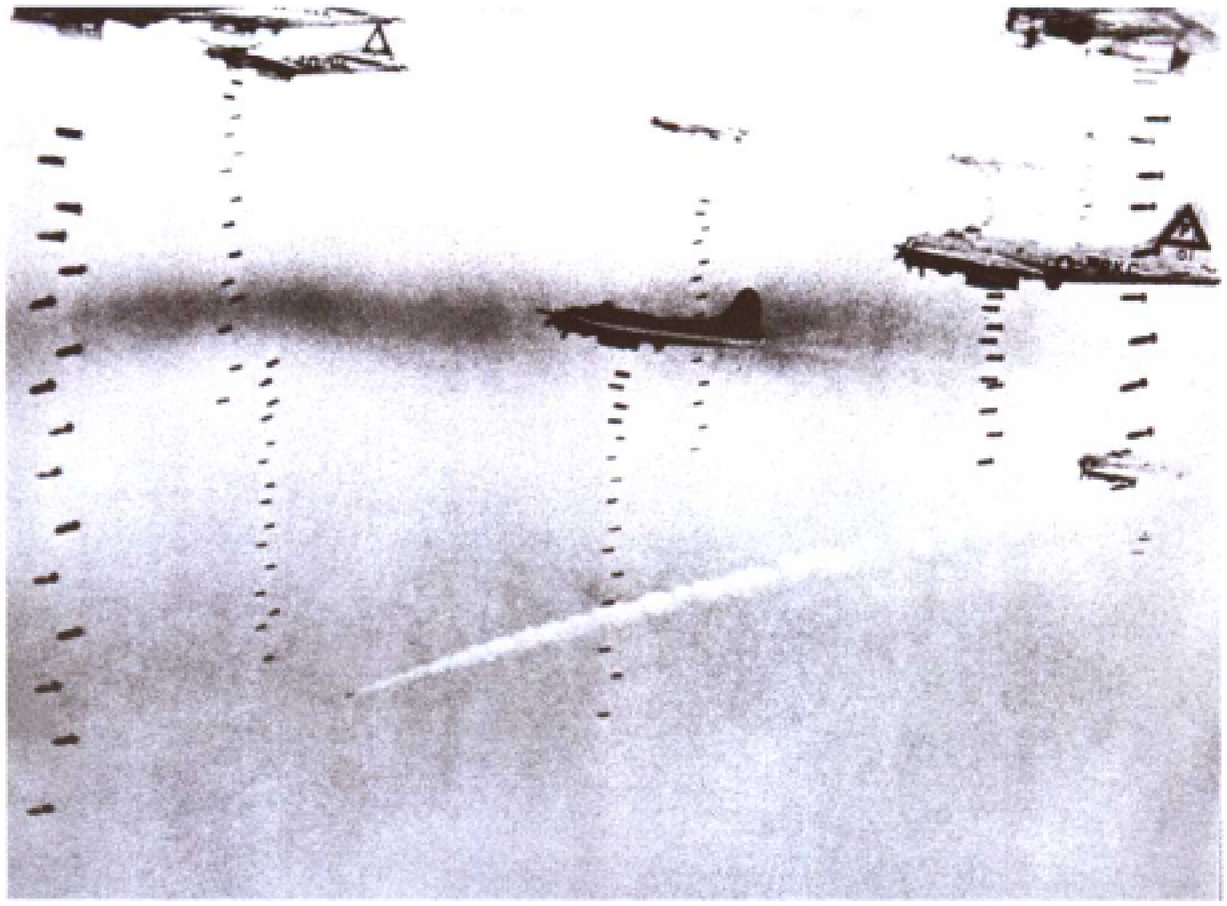
（胡晓患）

Ying-Meijun Hongzha Deleisidun

英美军轰炸德累斯顿 (Dresden, Anglo-American Bombardment of) 第二次世界大战后期，英国空军和美国陆军航空兵于1945年2～4月对德国东部交通枢纽德累斯顿市的空袭行动。

1945年初德国军队在阿登地区发动反攻后，欧洲西线战场形势变得对英美军队不利。为缓解阿登地区军事压力和削弱德国战争潜力，美、英统帅部于1945年1月制定加紧空袭德国大城市的“雷击”行动计划，目标为德累斯顿。2月13～14日，德累斯顿连遭3次空袭。13日18时，英空军第1攻击波的245架飞机出动，分为4个梯队：1架蚊式飞机为先导梯队；1架投掷照明弹的兰开斯特重型轰炸机为第2梯队；2架投掷目标指示弹的蚊式飞机和1架蚊式空中指挥机为第3梯队；最后以兰开斯特重型轰炸机编队为第4梯队。从22时9分开始，第3梯队在预定目标上空投掷目标指示弹，随后大批兰开斯特重型轰炸机分高度层通过目标，投弹后，随即成辐射形机动散开。部署在该市的德军梅塞施米特战斗机部队疏于戒备，未能起飞迎战。当日午夜，第2攻击波的529架飞机再次对德累斯顿进行轰炸。由于预定攻击目标大多被第1攻击波摧毁，空中指挥官临时决定以袭击德军进行抢救活动的车队为重点，对市区进行大规模轰炸。14日上午，美陆军第8航空队出动600多架B−17、B−24型轰炸机，在数百架P−51型战斗机掩护下，对该市列车调度场和市区北部目标进行轰炸。3次空袭共投弹3 749吨，其中燃烧弹占75%，使该城变成一片火海，约有3.5万人丧生，3.5万余座建筑物被毁。2月15日和3月2日、4月17日，美军第8、第15航空队又多次对该市进行轰炸，该市损失严重。

（胡娴娟）



美军空袭德累斯顿

Xixilidao Denglu Zhanyi Kongzhong Zuozhan

西西里岛登陆战役空中作战 (Sicily Landings, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，美国、英国盟军于1943年5～8月在西西里岛登陆战役中的空中作战行动。

1943年1月卡萨布兰卡会议决定，北非战局结束后，盟军将在意大利西西里岛登陆，以保证同盟国地中海航线畅通，吸引苏联战场的德国军队西调，并迫使意大利投降。战役由盟军驻北非部队实施。总兵力47.8万人。空军部队由西北非战略空军、西北非战术空军和西北非海岸空军组成，飞机3 680架，其中有900余架运输机和大量滑翔机。作战计划规定由西部特混舰队输送美军第7集团军在岛的南部登陆，东部特混舰队输送英军第8集团军在岛的东南部登陆，两个空降师于登陆前后在岛上实施空降。

为夺取制空权，盟国空军从5月13日开始，集中兵力猛烈轰炸西西里岛、撒丁岛、希腊和意大利南部地区的敌军机场、港口等军事设施，以消灭和压制德、意空军部队，阻滞敌增援兵力的机动。为开辟前进机场，首先攻击位于非洲和西西里两地中间的意大利要塞潘泰莱里亚岛。盟国空军出动5 000架次轰炸机轰炸该岛，投弹6 200吨。6月11日，盟军夺占潘泰莱里亚岛。作为进攻西西里岛的必要准备，盟国空军于7月2～9日猛烈轰炸西西里岛上的许多机场，击毁大量德、意空军飞机，迫使德、意将幸存下来的飞机大部分撤至意大利南部。西西里岛上机场几乎全部瘫痪，仅剩2～3个机场可供紧急备降使用，德、意空军战斗力严重削弱。盟国空军基本上掌握了制空权。9日深夜，美空降兵3 400人乘227架运输机在西西里岛杰拉附近实施伞降，英空降兵1 600人乘134架滑翔机在锡拉库萨附近空降。由于风速大，组织不力，伞降兵力极为分散，47架滑翔机坠入海中。

7月4～9日，盟军特混舰队2 600艘舰船分别从北非和中东各港口启航，在空军间接和远距离空中支援下驶向西西里岛。由于缺乏直接航空火力掩护，海军舰船遭敌军袭击，被击沉十余艘。10日3



盟军西西里岛登陆战役示意图

时45分开始登陆，登陆后未遇顽强抵抗。11日和13日夜间，美、英空降部队分别实施第二次空降，但因组织协调不当，运输机遭己方炮击，损失严重。14日，德、意空军在西西里岛的昼间空中抵抗活动基本停止。8月17日，盟军登陆部队占领了整个西西里岛，德、意守军在夜间渡海撤退到意大利。盟国空军在阻击德军撤退的战斗中，击沉德军舰艇23艘。

德、意空军在西西里岛战役中进行了一系列反击行动。在盟国空军飞机频繁袭击岛上机场时，意战斗机出动690架次，德机出动500架次进行反击，虽取得一定战果，但没有保住西西里岛的基地。当盟军乘大批舰船向西西里岛开进时，意空军于7月10日先后5次袭击了防御薄弱的登陆突击队的船只，德机也多次袭击并炸沉炸伤数艘盟军运输舰船；13日，德、意轰炸机部队集中兵力袭击东部英军登陆地区，炸沉"爱斯基摩"号驱逐舰、"塔兰巴"号医院船及3艘自由轮；17日，德、意轰炸机又炸伤1艘自由轮和1艘军舰。

此役，盟国空军损失飞机375架，德、意空军损失飞机740架。战争实践表明，空军在为陆海军提供间接支援的同时，还应提供直接支援。

（王　谦）

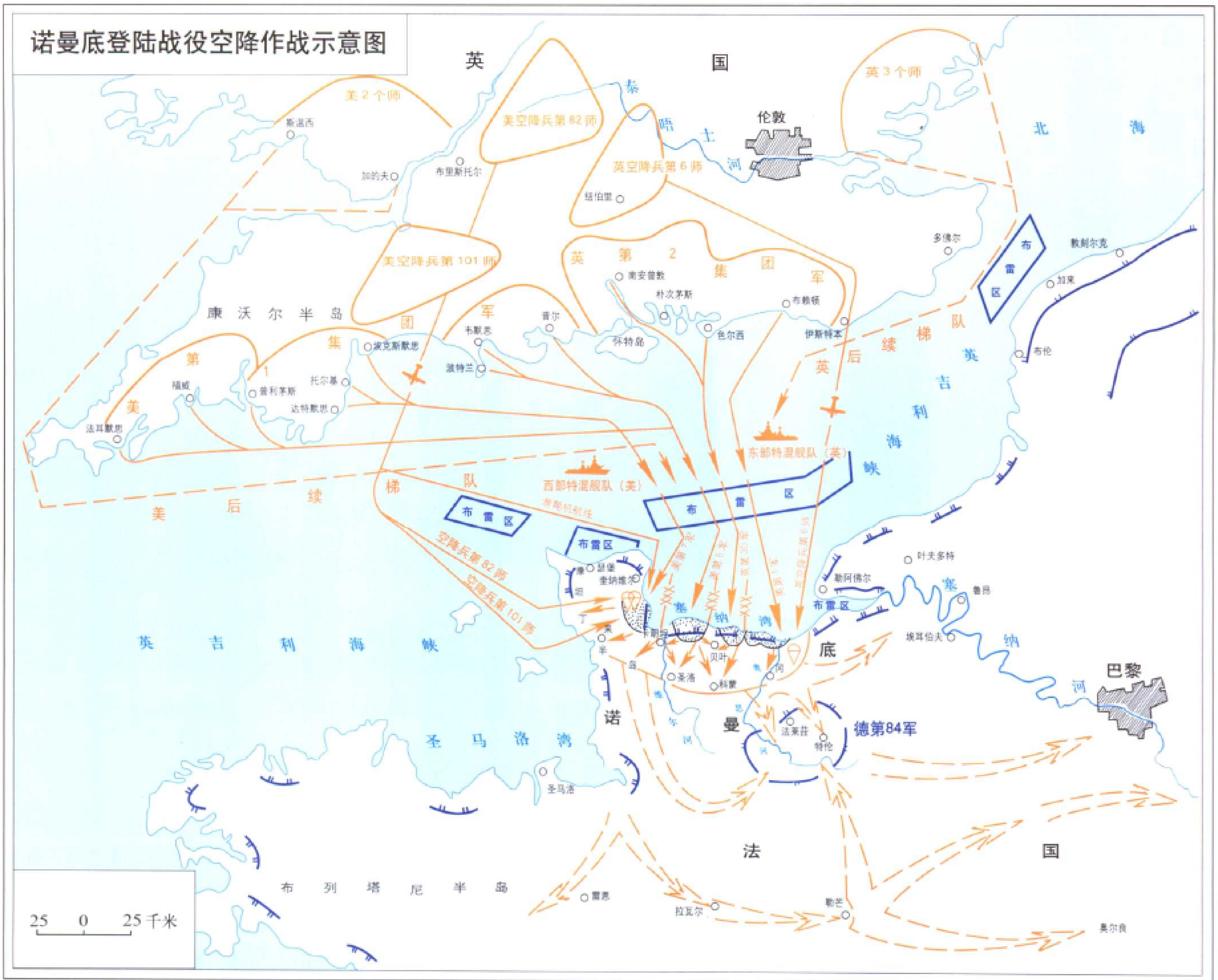
Nuomandi Denglu Zhanyi Kongjiang Zuozhan

诺曼底登陆战役空降作战 (Normandy Landings, Airborne Operation in the)

第二次世界大战期间，美国、英国空降兵于1944年6月6日在诺曼底登陆战役中的空降作战行动。

参加空降作战的有美军第82、第101空降师和英军第6空降师。各空降师分别编成突击、后续和海运3个梯队。突击梯队由伞兵团组成；后续梯队由滑翔机步兵团组成；海运梯队包括坦克、推土机等其他重装备，在登陆场巩固后海运上陆。主要任务是：美军第101空降师突击梯队(第501、第502、第506团)约6 500人，在卡朗坦以北空降，控制1、2、3、4号海滩通路，保障美第7军登陆，而后向南占领卡朗坦；美军第82空降师突击梯队(第505、第507、第508团)约6 400人，在圣曼·伊格里斯以西空降，歼灭圣曼·伊格里斯和勃凡斯·邦拉佩地区德国军队，保障美第7军通过梅特勒河，而后在该军左翼发展进攻；英军第6空降师突击梯队(第3、第5旅)约4 300余人，在冈成东北空降，切断德军预备队向海岸开进的道路，摧毁奥恩河口两侧地区德军炮兵阵地及海岸防御枢纽部。

6月5日19时，盟军出动各型轰炸机4 500架次进行航空火力准备。22时，使用24架飞机在英吉利海峡上空实施无线电干扰；3个空降师派出26架运输机搭载26个空降引导组，6日零时16分，大部分引导组空降成功。5日23时，3个空降师的突击梯队约1.33万人，分乘1 200余架运输机从英国起飞，6日1时开始空降，2时40分结束。美军第82空降师突击梯队着陆后，遭遇德军猛烈抗击，伤亡甚重。第505团只有1个营于6日拂晓前占领圣曼·伊格里斯镇，其余未能完成预定任务；第507、第508团因引导组被德军消灭，空降场无标志，大量伞兵摔伤。至6日24时，该师连同滑翔机运载来的后续梯队共集合兵力约2 000人，仅攻占了圣



诺曼底登陆战役空降作战示意图

曼·伊格里斯镇。美军第101空降师第501团1、2营和第506团3营因着陆在德军的反空降地区，伤亡惨重，501团1、2营被迫转入防御；506团3营激战后占领勒波特两侧两座大桥；第502团大部分未降落在预定地区，只有3营于6日7时30分控制了3、4号海滩通路；第506团1、2营着陆分散，遇德军抵抗，下午控制了1、2号海滩通路。至6日24时，全师仅集合约2 500人，攻占1、2、3、4号海滩通路，与第7军会合。英军第6空降师突击梯队的先遣分队先行空降占领克恩运河和奥恩河两座大桥。随后第3、第5旅开始空降。第3旅经激战后占领默维尔地区德军炮兵阵，破坏弟佛河上的4座桥梁，切断德军预备队向海岸开进的道路；第5旅着陆后集合人员不足60%，在奥恩河和克恩运河上的两座桥梁附近组织防御。该师后续梯队人员和装备从拂晓开始，分批乘滑翔机到达，当天下午与英第2集团军会合。

此次空降作战，共使用运输机2 400余架，滑翔机约1 130架，空降约3.5万余人(其中伞降1.76万余人)。此外，还运送了504门火炮，110余辆轻型坦克及1 000吨物资。战斗中人员伤亡较多，运输机被击落42架，击伤510架。空降作战破坏了德军防御的稳定性，牵制了德军预备队的机动，为盟军登陆部队上陆创造了条件。

（杨宇杰）

Nuomandi Denglu Zhanyi Kongzhong Zuozhan

诺曼底登陆战役空中作战 (Normandy Landings, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，英国空军和美国陆军航空兵在诺曼底登陆战役中的空中作战行动。

1943年11月，美国、英国、苏联3国首脑在德黑兰会议上决定，由美、英军队在欧洲大陆开辟第二战场，于1944年5月横渡英吉利海峡，从法国西部登陆，代号“霸王行动”。为实施这一行动，盟军集结陆海空军共287万余人。空中力量包括美国陆军第8、第9航空队，英国战术空军第2航空队、皇家空军轰炸机指挥部所辖部队，各型飞机1.28万余架，其中轰炸机5 292架，战斗机5 409架，运输机2 316架。此外，驻意大利的美陆军第15航空队在登陆战役期间担负间接支援任务，突击德军在法国占领区的机场和交通目标。参战的战略航空兵由英空军上将A.W.特德统一指挥，战术航空兵由英空军上将L.马洛里统一指挥。

美、英航空兵在登陆战役中的空中作战活动主要是：①空中侦察。在战役准备阶段，通过空中照相和目视侦察，重点查明登陆地区德军海岸防御配系、障

碍物设置、预备队集结地域、弹药库和补给站的位置；确定必须破坏的交通枢纽、桥梁、机场；选择空降场以及上陆后准备修复和使用的机场位置。1944年4月1日～6月5日，战术航空兵出动3 000架次、战略航空兵出动1 500架次，各型侦察机遂行侦察任务。在战役实施阶段，继续出动大量侦察机实施侦察。②削弱德国空军力量，夺取和保持制空权。年初，美、英航空兵开始不断对德国的空军基地、航空工业进行空中打击，投弹约7万吨。登陆前3个星期，又对距登陆地区城市卡昂240千米范围内德军40个机场以及对空警戒、指挥系统进行集中突击，其中34个机场遭到严重破坏，一些飞机被炸毁，致使德空军无法保留一支预备力量。战役开始后德军仅向该地区增调约500架飞机，飞机总数不到1 000架。6月6日登陆当日，美、英航空兵出动飞机1.4万余架次，德空军仅出动100余架次。③实施佯攻欺骗，隐蔽战役企图。盟军为隐蔽在诺曼底登陆的企图，实施了代号为“坚韧南方”的行动。在战役准备阶段，美、英航空兵活动在佯攻方向加莱地区的飞机数量比诺曼底地区多3倍以上，并首先在加莱地区两翼建立空中封锁线，造成德军战略判断失误。④阻滞德军运输，空中封锁战场。3月6日～7月31日，美、英航空兵实施了代号为“运输计划”的空中阻滞作战行动。登陆日之前的90天为第1阶段。3月6日，英空军开始对德军在法国巴黎占领区的机车修理场和其他铁路重要目标进行轰炸。4月8日，美军第9航空队开始对德军在比利时占领区的铁路枢纽进行突击。30日，美军第8航空队参与空袭。5月中旬至登陆前几日，美、英又集中力量对比法边界和马斯河、塞纳河、卢瓦河上的桥梁分别进行猛烈突击，此阶段共投弹7.62万余吨，摧毁铁路枢纽50余处，破坏桥梁74座，使比利时及与其接壤的法国北部的铁路运输基本瘫痪。同时，在阿伯特运河至马斯河、巴黎至塞纳河沿线建起两道空中封锁线，孤立加莱方向德军并限制其机动。登陆日之后的55天为第2阶段。美、英航空兵在直接掩护登陆部队行动的同时，继续对塞纳河、卢瓦河及战斗地域内的桥梁、铁路车场等目标进行不间断的突击；在巴黎以东至奥尔良、奥尔良至卢瓦河沿线建起两道空中封锁线，并与巴黎至塞纳河空中封锁线相衔接，把诺曼底登陆作战地域封闭起来，阻止了加莱地区、法国南部的德军增援。在整个登陆作战过程中，德军无一列火车通过塞纳河开往前线。⑤实施诺曼底登陆战役空降作战。⑥掩护登陆部队航渡、换乘，并进行航空火力准备。6月5日至6日夜间，登陆部队在海上航渡、换乘和突击上陆时，得到美英航空兵375架战斗机和96架轰炸机的空中掩护。登陆部队突击上陆前，美、英航空兵进行直接航空火力准备，英皇家空军指挥部1 136架轰炸机和美军第8航空队1 083架轰炸机，先后对96千米宽上陆地区德军海岸炮兵和防御设施等进行大规模集中轰炸。同时，美军第9航空队278架轰炸机对美第7军登陆地区德军防御设施进行重点轰炸，162架战斗轰炸机攻击康坦丁半岛上德军炮兵阵地和交通目标，共投弹近万吨，因受天气和技术条件的影响，其中75%的炸弹未能命中目标，只对德军的防御火力起到暂时压制的作用。⑦实施近距空中支援和轰炸德军后方重要目标。盟军登陆后7天内，美、英战术航空兵出动飞机3.5万架次提供近距空中支援，战略航空兵对登陆场外围目标进行轰炸。6月13日后，在盟军登陆部队扩大登陆场的进攻作战中，战术航空兵继续提供近距空中支援，战略航空兵继续轰炸德军后方交通干线、机场、油料库、运输车辆以及重要城市。在6月6日～7月1日整个登陆战役实施阶段，美、英航空兵共出动飞机约10万架次，有效地支援了登陆部队作战。

此役，美、英航空兵的作战特点是：战前空中作战行动严格执行战役伪装计划；掌握绝对制空权，保障登陆战役顺利进行；有效地组织与陆海军的协同作战；建立健全一整套空军支援登陆作战的方式方法。但美、英航空兵在战役中也严重存在兵力使用不当的问题，造成兵力大量浪费。 （崔连祥）

Anamu Kongjiang Zhanyi

阿纳姆空降战役 (Arnhem Airborne Campaign) 第二次世界大战期间，美国、英国盟军于1944年9月17～26日在荷兰阿纳姆地区对德国军队的空降作战行动。行动代号为“市场”。二战中盟军实施的规模最大的空降作战。

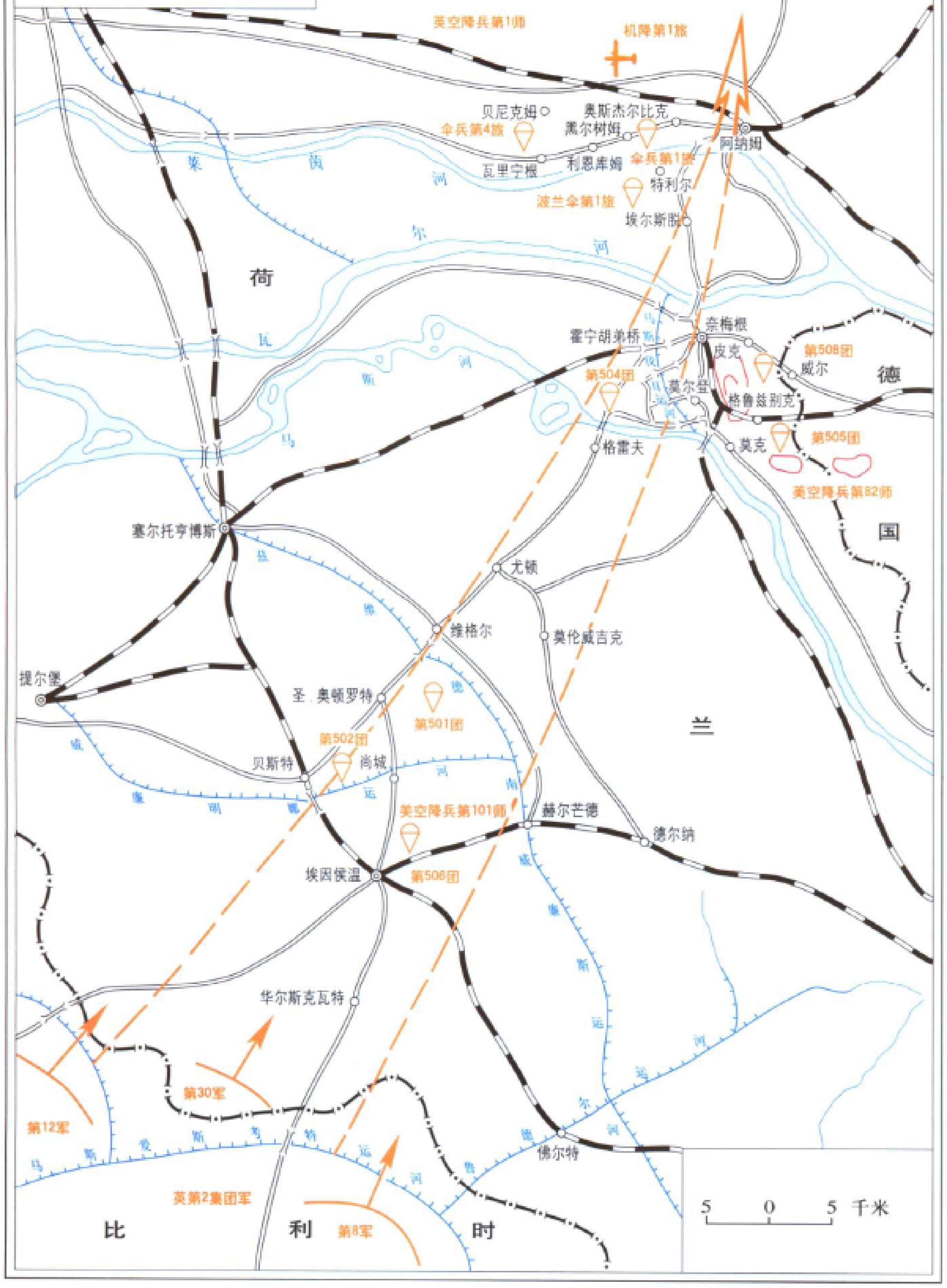
盟军在诺曼底登陆后，为顺利越过下莱茵河，攻取德国主要经济基地鲁尔，并为抢占柏林创造有利条件，决定在荷兰阿纳姆地域实施空降战役。与地面部队代号为“花园”的作战计划合称为“市场－花园”行动计划。战役企图是夺取通往阿纳姆地区的重要桥梁，保障盟军进抵阿纳姆，在下莱茵河北岸占领登陆场，为而后的进攻创造条件。遂行这次战役的部队是盟军第1空降军，由美军第82空降师、第101空降师、英军第1空降师和波兰军队第1伞兵旅组成。空运任务由美军第9空运队和英空军第38、第46航空大队执行。空降部队共3.5万人，运输机2 400架，滑翔机1 000余架。为顺利实施第一次大规模昼间空降突击，盟军进行了航空火力准备。从1944年9月16日夜间开始，对德军机场、高射炮阵地、防御工事、前沿支撑点和德军预备队进行突击。



阿纳姆战役中的空降作战

由于空运能力不足，空降部队分成两个梯队，分别于17、18日实施空降。17日上午，1 545架运输机和由运输机拖曳的478架滑翔机搭载第1梯队，从英国的24个机场起飞，横跨北海，沿两条航线向东飞行，每条航线有3路纵队的飞机，纵队间隔均为2.5千米。18日，1 360架运输机和1 203架滑翔机搭载第2梯队，经同样航线飞抵目标上空。两次共计伞降和机降34 876人，空运568门火炮、1 927

阿纳姆空降战役示意图



台车辆和5 230吨物资。战役期间，担任支援和补给任务的空军部队共出动飞机7 800余架次。

17日，美军第101空降师在费赫尔地区空降，第82空降师在赫拉费地区空降。第101空降师当日夺取南威廉斯运河大桥并攻占宗镇，次日与地面先头部队会合，攻占埃因侯温；第82空降师当日攻占格雷夫附近的马斯河和马斯河－瓦尔河运河上两座大桥，而后与到达的英第2集团军会合，经过激战，于20日攻占奈梅根大桥。英军第1空降师第1梯队在阿纳姆地区顺利着陆。18日下午第2梯队到达时，由于部分机降场被德军步兵占领，在强行机降过程中遭到攻击，损失较大，未能夺取阿纳姆桥，被迫转入防御。21日，波军第1伞兵旅机降在下莱茵河南岸，企图夺取阿纳姆桥并解救陷入包围的英军第1空降师，但遭德军大量杀伤。25日夜，英军第1空降师渡河撤退，遭到德军猛烈阻击，只有2 400人渡过下莱茵河与先到的第2集团军部队会合，未能渡河的6 000余人被俘，近2 000人阵亡。

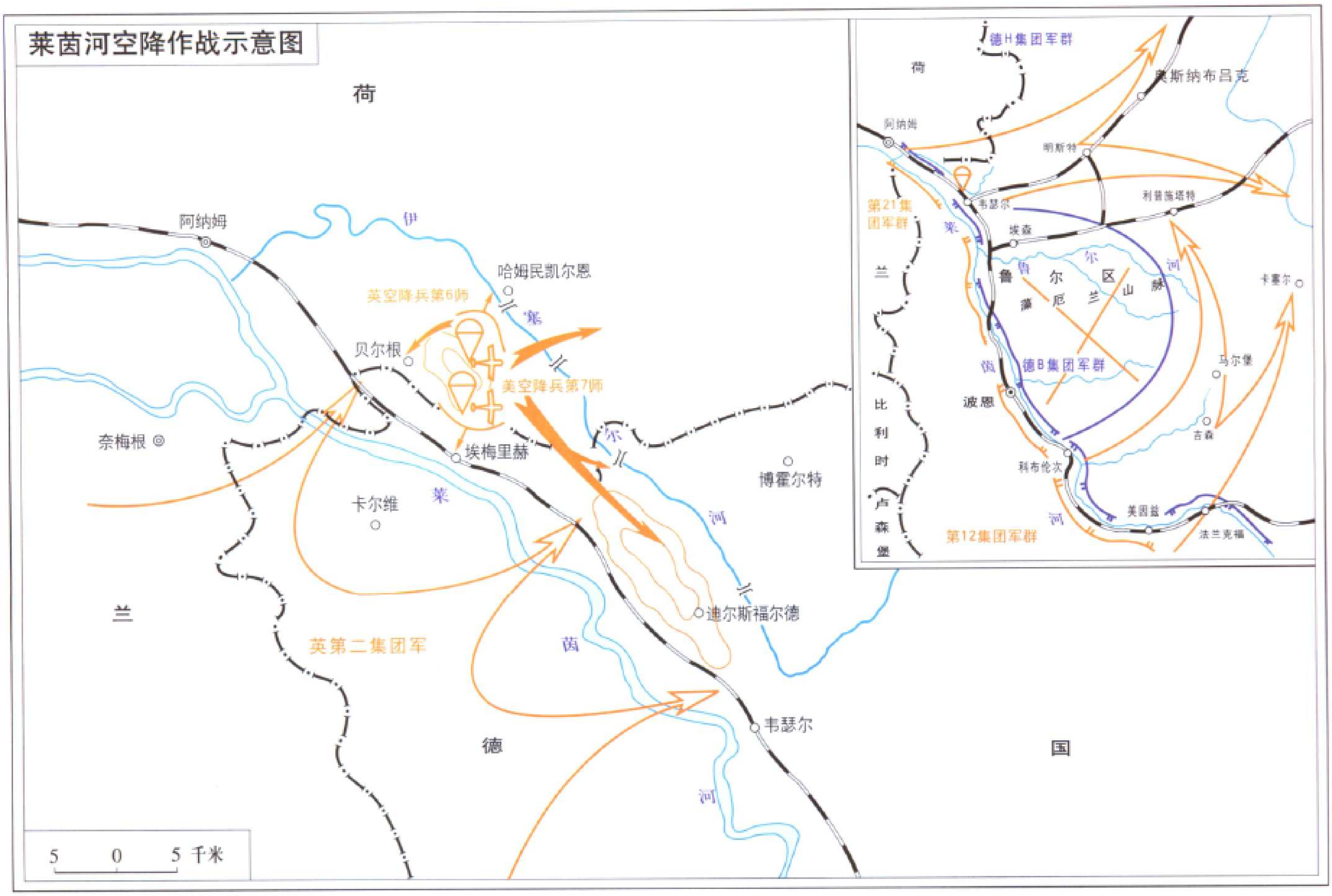
此役，盟军空降部队共伤亡1.47万人，虽使战线向前推进96千米，解除了对安特卫普的威胁，但未能占领阿纳姆附近下莱茵河上的桥梁。这是一次不成功的空降战役。失利的主要原因是：对敌情掌握不准，泄露作战企图，空降行动未能达成突然性；战役准备不充分，空降场选择不当；无线电通信联络不畅，部队间相互协同不力，得不到空中支援等。　　（杨宇杰）

Laiyinhe Kongjiang Zuozhan

莱茵河空降作战　(Rhine Airborne Operation)　第二次世界大战后期，美国、英国空降兵于1945年3月在莱茵河东岸扩大登陆场的空降作战行动。

1945年3月，盟军夺取莱茵兰战役的胜利，肃清了莱茵河西岸德国军队，并在东岸建立起战略登陆场。美、英统帅部随即决定，以第21集团军群(含美军第9集团军和英军第2集团军)在韦瑟尔地区强渡莱茵河，向东实施主要突击；第12集团军群在美因兹地区东北方向实施辅助突击；第18空降军(含美军第17空降师和英军第6空降师)在韦瑟尔西北、伊塞尔河以西空降，攻占战术上重要的地段和伊塞河各渡口，歼灭敌炮兵，阻止德军预备队向盟军强渡莱茵河的地域接近，支援英军第2集团军扩大登陆场，向纵深发展进攻。

空降开始前，美、英航空兵进行了为期两周的航空火力准备，对德军防空兵器，尤其是预定空降地域内的防空兵器，实施了密集突击。3月21～23日，出动飞机5 560余架次，对德军阿纳姆至韦瑟尔防御地带内的交通目标、军事设施和有生力量投掷1.51万余枚炸弹，摧毁铁路200余处和各种铁路车辆2 700辆。23日18时，美、英军开始进行地面炮火袭击。21时，英军第2集团军先头部队强渡莱茵河，进展顺利。24日4时，英军第2集团军和美军第9集团军的主力强渡莱茵河，黎明时在韦瑟尔、埃梅里赫一带控制9个滩头阵地。7时～9时30分，1 595架运输机和1 347架滑翔机搭载美军第17空降师和英军第6空降师分别从法国的15个机场和英国东南部的11个机场起运，按时飞至布鲁塞尔上空会合，编成联合纵队，航线高度600～900米。飞至韦瑟尔后，下降高度至150米，在2 700余架战斗机的掩护下，分别进入空降地区空降。9时50分～12时40分空降完毕，空降散布面积为8 × 10平方千米，共空降1.7万余人(含伞降8 600余人)，其中美军9 500余人、英军7 500余人，614辆轻型装甲车和数百辆各类



汽车，火炮286门、物资300余吨。13时，美军240架B-24型轰炸机为美空降部队空投补给品306吨，为英空降部队空投补给品292吨。当日天气良好，未遇德机截击，德军地面防空火力也很微弱。美军第17空降师除部分人员错降到英空降地区外，其余部队均在预定地区着陆。着陆后，遇德军微弱抵抗，夺取迪尔斯福尔德山岭和伊塞尔河上的桥梁，与英军第2集团军第1突击旅会合。英军第6空降师空降时遭德军炮火射击，伤亡较大。着陆后战斗激烈，于15时占领埃梅里赫、哈姆民凯尔恩镇及其附近伊塞尔河上的桥梁，与英军第2集团军第15师会合。空降部队完成任务后，随同第21集团军群继续向东推进。28日，登陆场正面扩大到60千米，纵深达到22千米。同时，在右翼进攻的第12集团军群前出到吉森、马尔堡地区。4月1日，两个集团军群完成对鲁尔地区德B集团军群的合围。17日，被围德军的21个师32.5万人投降。盟军损失运输机68架、滑翔机51架，440架飞机和300架滑翔机被击伤，美军第17空降师伤亡901人，英军第6空降师伤亡1 078人。

此次空降作战是盟军在欧洲战场上最后一次空降作战。美、英2个空降师在3小时内同时空降在8 × 10平方千米的地区，兵力集中；空降纵深较浅，能得到地面炮兵火力直接支援，在正面部队渡河后6小时空降，当天即与登陆部队会合；整个空降作战比较顺利，美军称之为“急速会师”式空降作战。

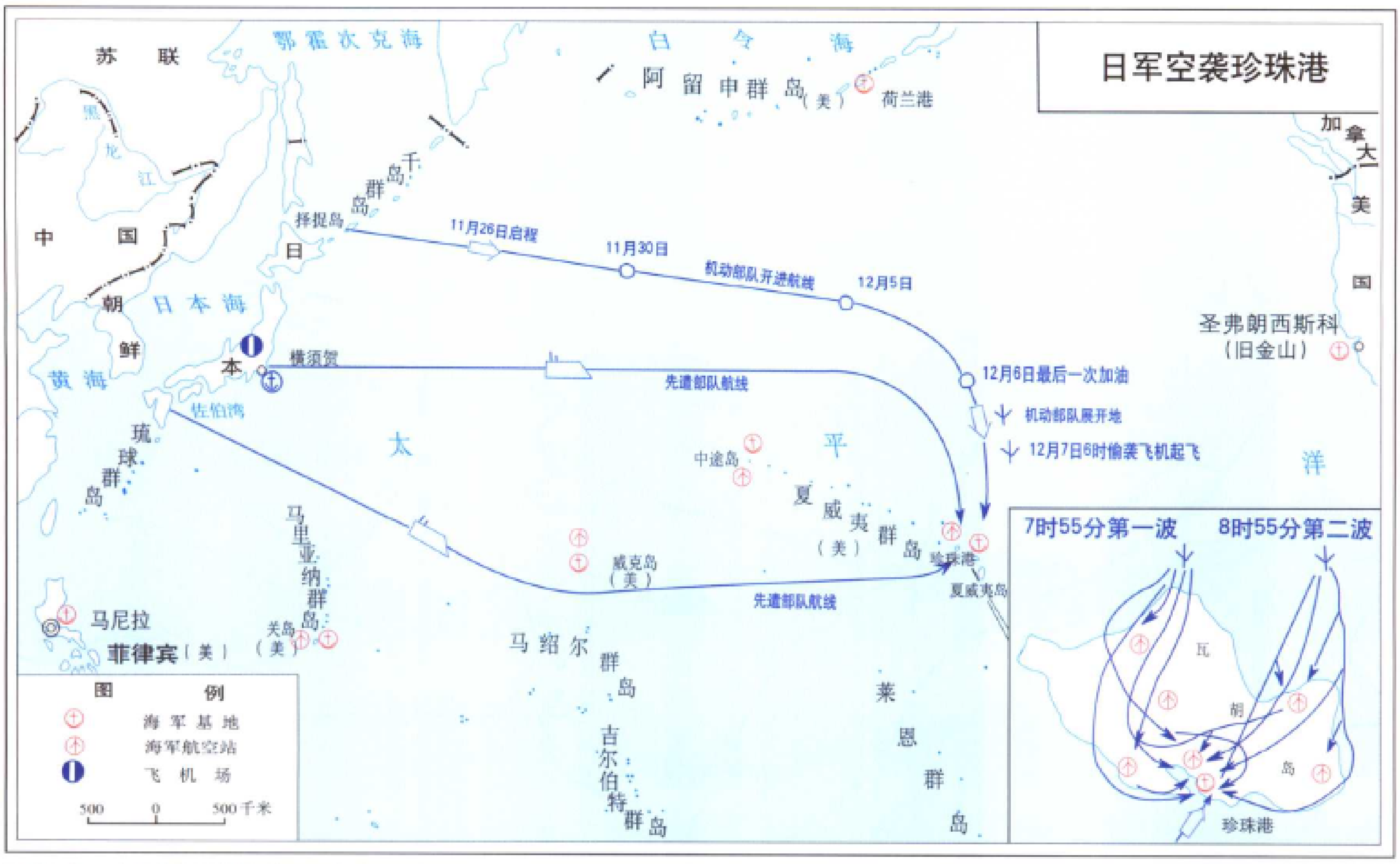
（胡娴娟）

Kongxi Zhenzhugang

空袭珍珠港 (Pearl Harbor, Air Raid on) 第二次世界大战期间，日本海军联合舰队于1941年11月对美国太平洋舰队基地珍珠港的战略空袭。

珍珠港位于夏威夷群岛的瓦胡岛南部，是美国通往亚洲和澳洲(今大洋洲)的交通枢纽。港内水深16～20米，基地设施完备，并有大型修船厂和油库。二战爆发后，日本为夺取美英荷在东南亚和西南太平洋的殖民地，加速南进战争准备。美国为遏制日本扩张，从1940年夏季开始，派出太平洋舰队以珍珠港为主要基地在太平洋上活动，日本将其视为“海洋战略”的最大障碍。1941年初，日本海军联合舰队总司令山本五十六上将提出了代号为“Z”的袭击珍珠港的计划，经海军军令部批准后，于12月1日的御前会议定下袭击作战的最后决心。

袭击珍珠港是日本发动太平洋战争战略计划的重要组成部分。其企图是：以突然袭击摧毁美国太平洋舰队，夺取制海、制空权，消除其对日本南进的威胁。计划以联合舰队第1航空舰队6艘航空母舰(“赤城”、“加贺”、“飞龙”、“苍龙”、“翔鹤”、“瑞鹤” 号，舰载机约400架)为核心，14艘作战舰只(2艘战列舰、3艘巡洋舰、9艘驱逐舰)为掩护，3艘潜艇作先导，7艘油船提供补给。由第1航空舰队司令南云忠一海军中将直接指挥。在突击日日出前1～2小时抵达瓦胡岛以北约200海里海域展开，而后出动舰载机袭击珍珠港内的美军舰船和岸上航空基地，消灭美太平洋舰队主力。突击结束后，立即撤离，返回日本内海。为监视美舰船行动并防止其转移，以27艘潜艇组成先遣部队，事先潜入夏威夷海区，担任侦察、监视和截击任务；使用5艘特种潜艇由母艇携载到作战海域配合舰载机攻击港内美军舰船。战役准备



过程中，派遣间谍搜集珍珠港和太平洋舰队的情报；对突击部队进行严格训练，8月下旬起，鱼雷机编队进行低空浅水鱼雷攻击训练，水平轰炸机编队进行中空投弹训练，特种潜艇进行夜袭训练，水面舰船主要进行加油训练；对航空鱼雷进行改装，使之适于在珍珠港空投；11月中旬，进行了3次综合攻击演习。为达成战役突然性，日本利用外交谈判掩护其作战准备；采取伪装和保密措施隐蔽其战役企图；选择距珍珠港较远，冬季多风暴、船只往来较少的北航线；将突袭时间定在美军戒备松懈的星期日早晨。

11月18日，日本先遣部队佯装日常巡逻，分别由佐伯湾和横须贺等地出发，沿中航线和南航线驶向夏威夷。22日，突击队主力集结于千岛群岛的单冠湾（日本次要军港）。26日，突击队沿预定的北航线出发，采取严格的无线电静默，经过12天航行，中途4次加油，航行3 600海里，于12月7日（星期日）夏威夷时间凌晨4时30分到达珍珠港以北230海里的预定海域展开。此时特种潜艇已在珍珠港附近活动。5时30分，突击部队出动2架水上飞机对瓦胡岛及其附近海面进行侦察，发现港内舰船密集，93艘舰船停泊在港湾中，岛上各机场387架飞机整齐排列在滑行道和停机坪上，高射炮阵地只有少数人员值勤，舰艇没有防空准备。6时，日军第1波183架飞机（40架鱼雷机、51架俯冲轰炸机、49架水平轰炸机、43架战斗机）分别从6艘航母上起飞，由瓦胡岛西部进入。从3时55分起，美军多次发现日军潜艇逼近，但未采取任何防范措施；7时后，发现北方有大编队飞机临近，误认为是己方机群，未予重视。7时55分，日军第1波攻击开始。俯冲轰炸机攻击机场和航空站，鱼雷轰炸机攻击军舰，随后水平轰炸机中空单机跟进，再次突击军舰。由于空中未遇抗击，战斗机也投入攻击地面目标。8时40分，第1波攻击结束，10时左右返回航母。7时15分，第2波171架飞机（54架水平轰炸机、81架俯冲轰炸机和36架战斗机）起飞，由瓦胡岛东部进入，8时55分开始攻击。此时，美军已组成防空火网进行抗击。9时45分，第2波攻击结束，12时左右返回航母。13时30分，突击部队沿原航线返航。


遭受空袭的珍珠港

日军空袭前后持续1小时50分，共投鱼雷50枚，炸弹556颗（144吨），以损失飞机29架，潜艇1艘、特种潜艇5艘，亡25人的微小代价，击毁击伤美太平洋舰队停泊在港内的8艘战列舰、4艘巡洋舰、3艘驱逐舰、5艘辅助舰和和20艘其他中小舰只，击毁飞机232架，毙伤美军3 681人。美军3艘航空母舰因出海执勤，免遭袭击。

日军成功空袭珍珠港，重创美太平洋舰队，并在太平洋地区掌握制海、制空权，有利于在菲律宾、马来亚（今马来西亚）和荷兰属东印度群岛（今印度尼西亚）等地展开进攻。美军最大的教训是对战争危险估计不足，疏于戒备。

（欧彬甫　郭晓钟）

Feilübin Denglu Zhanyi Kongzhong Zuozhan

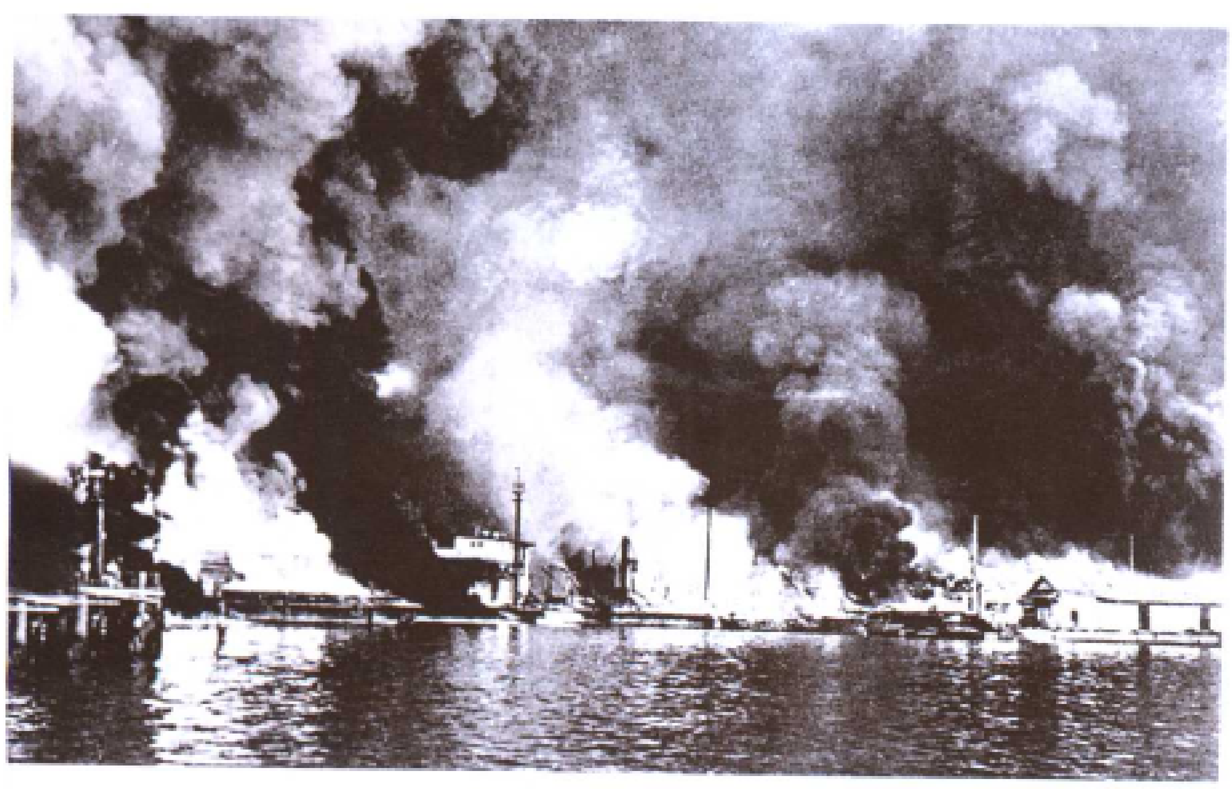
菲律宾登陆战役空中作战　(Philippine Landings, Air Operations in the)　第二次世界大战初期，日本军队于1941年12月在菲律宾群岛登陆战役前期的空中作战行动。

菲律宾位于西太平洋，扼东亚和南亚间的海、空交通要道，战略地位重要。美国在菲律宾的甲米地和克拉克建有亚洲最大的海、空军基地，对日军南进及日本本土安全构成威胁。日军决定攻占菲律宾群岛，夺取美军基地。担负登陆作战任务的是日本陆军第14集团军，由海军第3舰队、第11航空舰队和陆军第5飞

行集团，共500余架飞机负责支援。美军部署在菲律宾共有各型飞机277架，其中作战飞机142架。12月8日，在日军偷袭珍珠港后几小时，日军空中力量发动突然袭击，54架轰炸机分两批从中国台湾的基地起飞，在35架零式战斗机掩护下，分别轰炸菲律宾克拉克机场和伊巴机场，重点击毁机场上停放的B-17型轰炸机。空袭持续约1小时，共摧毁美军轰炸机和战斗机约100架，改变了菲律宾方向日美空中力量对比。同时，日军空中力量还突击达沃和碧瑶等地的美军基地设施，为登陆作战创造了有利条件。此后，地面部队也将美军驻菲机场作为主要攻击目标，协助日军空中力量前推部署，夺取制空权。10～11日，日军第48师一部约4 000余人，先后在吕宋岛北部的阿帕里和维甘登陆，重点夺占该地域的美军机场。12日，日军第16师一部在吕宋岛南部的黎牙实比登陆，夺占机场并进一步扩大战果。从11日起，日军第5飞行集团各部队逐渐从台湾的基地转场至吕宋岛日军占领的机场，使空中力量的出动强度增大，更多地用于掩护地面登陆部队作战。17日，美军为保存实力，将仅存的17架B-17型轰炸机转场至澳大利亚。至此，日军完全掌握战区制空权。

此役，日军空中力量共损失作战飞机80余架，击毁驻菲美军各型飞机250架，为陆海军达成战役目的提供了可靠保证。主要特点是：突然袭击，将美军空中力量主力歼灭于地面，迅速掌握空中优势；地面部队多点登陆，快速推进，以夺占机场等要点为主，协助空中力量全面夺取战区制空权；空中力量适时前推部署，积极支援地面部队的作战行动。美军驻菲航空兵遭到惨败，主要原因是丧失警惕和指挥犹豫。

（王明志）



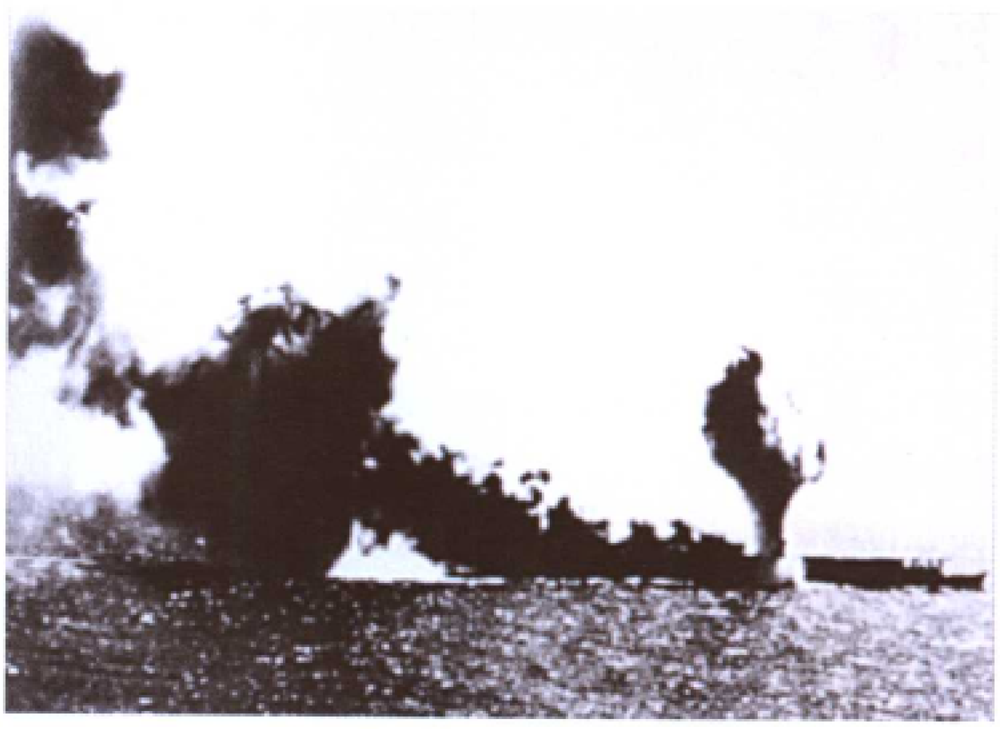
日军空袭美海军基地

Shanhuhai Zhanyi Kongzhong Zuozhan

珊瑚海战役空中作战 (Coral Sea, Air Operations over the) 第二次世界大战期间，美国舰队航空兵与日本舰队航空兵于1942年5月在南太平洋珊瑚海战役中的空中作战行动。

1942年春，日军攻占菲律宾、荷兰属东印度(今印度尼西亚)等地后，决定向西南太平洋推进，夺取新几内亚岛的莫尔兹比港和所罗门群岛的图拉吉岛，以掌握该地区制海、制空权，切断美国通往澳大利亚的海上交通线。

5月初，日军出动3支海上编队。第1支是由4 000人组成的莫尔兹比港登陆部队，分乘14艘运输船，由1艘驱逐舰护航，从拉包尔出发，驶往莫尔兹比港；第2支由1艘轻型航空母舰“祥凤”号、4艘重巡洋舰和1艘驱逐舰组成直接掩护编队；第3支由“瑞鹤”号、“翔鹤”号2艘轻型航空母舰(125架舰载飞机)及2艘重巡洋舰和6艘驱逐舰组成机动编队。美海军破译了日军电报，遂派出由海军少将F.J.弗莱彻指挥的“约克敦”号和“列克星顿”号两艘航空母舰(舰载飞机141架，其中轰炸机99架、战斗机42架)及8艘巡洋舰、11艘驱逐舰组成特混舰队，南下珊瑚海阻击向莫尔兹比港进发的日军。4日，当日军进攻莫尔兹比港的部队出航时，美军舰载飞机袭击了被日军占领的图拉吉岛，远在所罗门群岛以北的日本航空母舰编队急速南下，6日驶入珊瑚海。7日凌晨，日本侦察机误将美军1艘大型油船“尼奥肖”号当作航空母舰，9时许，日军派出78架舰载飞机将其炸沉。同时美军发现正在向北转移的日军登陆输送船队掩护部队，11时许，美军98架舰载飞机将日本“祥凤”号航空母舰击沉，使日军登陆编队失去空中掩护而撤退。8日上午，日军侦察机发现美军2艘航空母舰，日军出动69架舰载机，对美舰进行攻击，“列克星顿”号中弹起火。美被迫放弃该舰，“约克敦”号也遭到严重损坏。在日机攻击美航空母舰的同时，美军也出动82架舰载机，对日军机动编队实施攻击，日军“翔鹤”号航空母舰遭重创。17时左右，日军被迫撤退，从而推迟了对莫尔兹比港的进攻。



日军“祥凤”号航母中弹起火

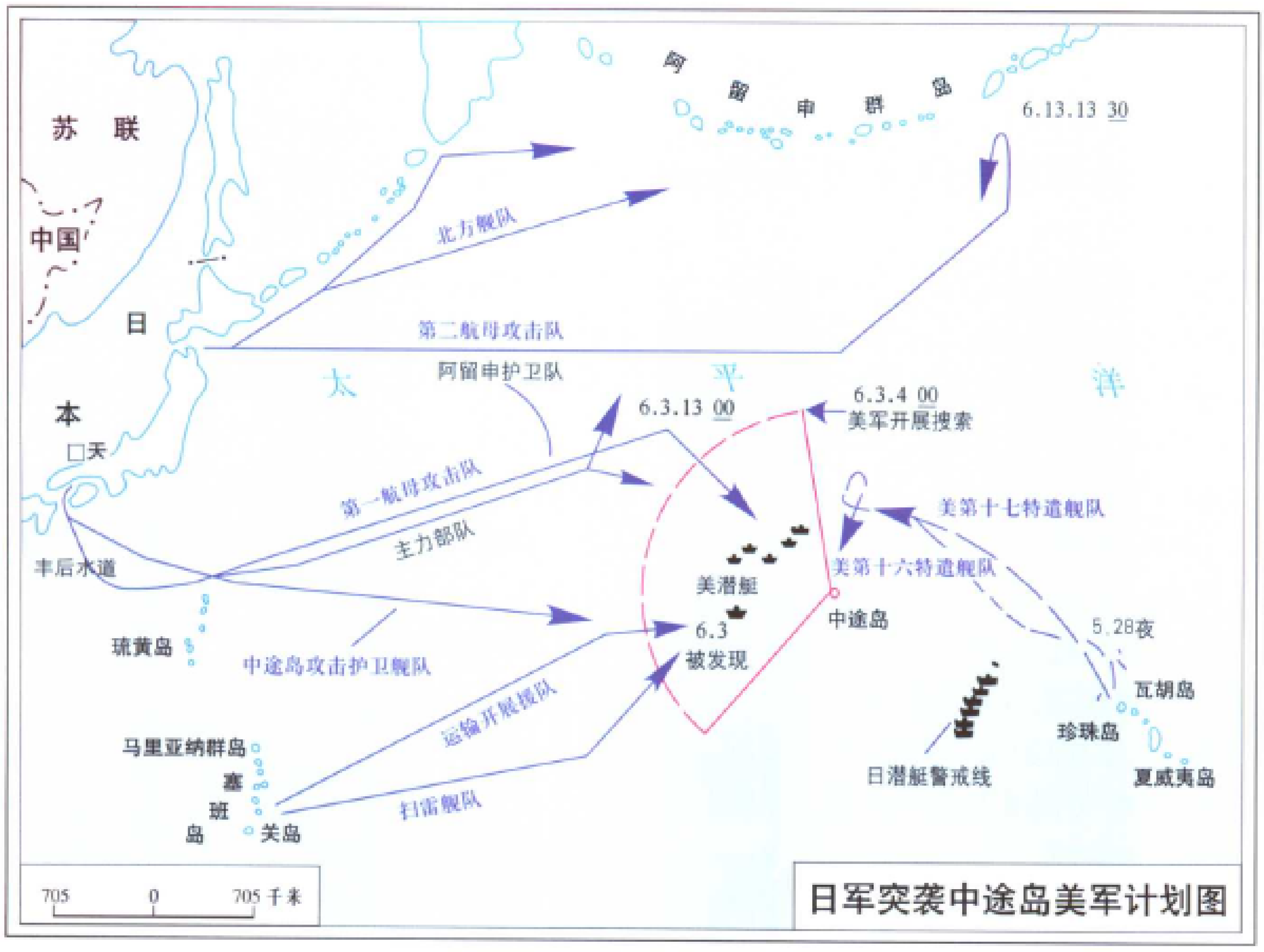
珊瑚海之战，交战双方参战兵力基本相当。日军损伤航空母舰、驱逐舰各1艘，3艘其他舰船和77架飞机被击毁，伤亡1 047人；美军损伤航空母舰、驱逐舰和大型油船各1艘，损失飞机66架，伤亡543人。这是首次以舰载飞机为主进行的作战行动，双方军舰并未交火。当时美航空母舰已装备雷达，能发现115千米外的日机，并装备有飞机返航引导装置，在作战中掌握了主动。此战，使日军南进战略严重受挫，改变了第二次世界大战亚洲战场开战以来日军长驱直入的进攻态势。

（欧彬甫　姜　华）

Zhongtudao Zhanyi Kongzhong Zuozhan

中途岛战役空中作战 (Midway Island, Air Operations over the) 第二次世界大战期间，美国太平洋舰队航空兵与日本联合舰队航空兵于1942年6月在中途岛战役中的空中作战行动。

中途岛是太平洋中部一个珊瑚环岛，扼美国和亚洲国家之间海上和空中交通



日军突袭中途岛美军计划图

要冲，在太平洋北部占有重要战略地位。是美国的重要海军基地及夏威夷群岛的西北屏障。1942年4月18日美军首次轰炸日本后，日军统帅部决心加速实施攻占中途岛计划，诱歼美太平洋舰队航空母舰，解除对日本本土的威胁。

日军统帅部为了达成战略目的，将海军主要兵力组成庞大的联合舰队，由海军上将山本五十六统一指挥。编成5个战役编队和1支陆基航空部队，共有4艘重型航空母舰（“赤诚”号、“加贺”号、“苍龙”号、“飞龙”号）、4艘轻型航空母舰、11艘战列舰、4艘水上飞机母舰、22艘巡洋舰、66艘驱逐舰、22艘潜艇，还有大量扫雷舰、运输舰等作战保障舰艇，最新式的A6M2型战斗机、B5N2型攻击机和D3A2型轰炸机共620余架。

美太平洋舰队在中途岛附近海域部署第16、第17特混舰队，有3艘重型航空母舰（“约克敦”号、“企业”号、“大黄蜂”号）、233架舰载飞机、8艘巡洋舰及14艘驱逐舰；在中途岛上驻有1个海军陆战队，64架水上飞机和教练攻击机，陆军航空队23架B−17型轰炸机。美军在兵力上虽明显处于劣势，但战前破译了日军密码，掌握了日军作战计划及兵力部署等主要情况，在中途岛日夜构筑、抢修防御工事，加强舰艇巡逻，并派出20艘潜艇分别在距中途岛100、150、200海里处设置3条弧形巡逻线。为加强空中力量，又向中途岛增派16架俯冲轰炸机、7架“野猫”式战斗机、30架水上巡逻机、22架B−17、B−26型轰炸机。

6月4日拂晓，日本海军中将南云忠一率主攻舰队（4艘重型航空母舰、17艘其他作战舰艇、260余架舰载机）到达预定攻击位置。4时45分，首批108架舰载机起飞突击中途岛，被美军巡逻机发现。美军在岛上的飞机除一部分老式攻击机外，其余全部升空，故无一损失。日机对中途岛的攻击既未遇到抵抗，也未发现美机去向，南云误认为附近无敌情，遂令留在舰上用于准备突击美舰队的第2批飞机卸下鱼雷，换挂炸弹，准备再次攻击中途岛。此时，日军侦察机发现10艘美军舰只和1艘美军航空母舰，在日军第1批突击中途岛的飞机已返航急需降落的情况下，日军舰队只好暂时北撤。美军第16特混舰队靠近到距南云舰队130海里处，7时开始，从“大黄蜂”号和“企业”号航空母舰上起飞67架轰炸机、29架鱼雷轰炸机和6架战斗机。由“大黄蜂”号起飞的15架鱼雷轰炸机首先发现日军舰队，在无战斗机掩护的情况下向日舰发起攻击，由于日本“零”式飞机性能优于美机，加上日舰猛烈的高射炮火，15架鱼雷轰炸机全部被击落。从“企业”号上起飞的14架鱼雷轰炸机攻击日舰时又被击落10架，随后，从“约克敦”号上起飞的12架鱼雷轰炸机被击落10架。到上午10时，美军41架鱼雷轰炸机只有6架返回航母，所投鱼雷无一命中。南云又错误判断空中无其他美机。正当“零”式飞机返航加油做再次出动准备时，从“企业”号和“约克敦”号航母上起飞的50架美军轰炸机呼啸而至，分别向“苍龙”、“加贺”和“赤诚”号航母投弹，舰上飞机均未及起飞迎敌，高射炮直到最后时刻才仓促开火。10时24分，日军3艘重型航母被炸起火，并引爆舰上的炸弹和鱼雷，19时，“苍龙”号首先沉没，“加贺”号、“赤诚”号连同全部舰载机随后也沉入海底。南云以残存的“飞龙”号实施反击。10时48分，6架“零”式战斗机掩护18架轰炸机突击美舰“约克敦”号时，与美军12架“野猫”式飞机发生空战，日机击落美机6架，但损失轰炸机13架、战斗机3架。随后，日军10架鱼雷轰炸机再次出击，击伤“约克敦”号，该舰次日沉没。下午5时，美军特混舰队集中全部飞机突击日军“飞龙”号航母，5日凌晨将其击沉。5日2时55分，日军联合舰队总司令山本五十六下令终止中途岛作战行动。

此役，美军兵力虽处于明显劣势，但由于掌握了日方情报，并在主要方向上集中优势兵力，最终取得胜利。共击沉日军航空母舰4艘，击沉、击伤重巡洋舰各1艘，击伤其他舰船9艘，击毁日机285架，毙伤日军官兵3 500名。美军1艘航空母舰和1艘驱逐舰被击沉，损失飞机147架，阵亡307人。

中途岛战役是战争史上航空母舰特混舰队之间第一次使用舰载飞机实施的大规模空中作战。空中作战实际上决定了这次战役的胜负，表明没有制空权就没有制海权。此战是太平洋战争的一个重要转折点，日军由此开始丧失战略主动权，战争形势朝着有利于美军的方向发展。

（姜　华）

Meijun Shouci Hongzha Riben
美军首次轰炸日本　(U.S. First Bombing against Japan)　第二次世界大战期间，美国陆军航空兵于1942年4月第一次对日本本土的空袭行动。

珍珠港事件后，美军部队在菲律宾

等地连遭挫折，为了对日本进行报复，决定使用陆军航空兵B－25型轰炸机从航空母舰上起飞，轰炸日本本土。由于航母的飞行甲板全长仅150米，B-25型轰炸机满载起飞困难很大。为解决这个难题，美军将这一任务交给了飞行技术高超、曾参加过第一次世界大战的飞行员杜立德中校。杜立德受领任务后，挑选了24个机组，并对B-25飞机作适当改装。3月，在美国佛罗里达的爱格林空军基地经过一个多月的训练，成功掌握了在150米跑道上起飞的技术。4月2日，美海军“大黄蜂”号航空母舰(搭载16架B-25型轰炸机)和4艘驱逐舰、1艘油船从旧金山起航。担负护航任务的“企业”号航母等舰只于4月8日从珍珠港出发，4月13日与“大黄蜂”号会合，编为特混舰队，继续前进。

18日晨，特混舰队被日本巡逻警戒的武装渔船发现，日本联合舰队司令部立即派重兵攻击。杜立德下令美机立即起飞，各机独立作战，对东京进行昼间空袭。8时18分～9时21分，16架飞机全部起飞。9时45分，日军巡逻机发现距本土960千米处有一架双发轰炸机向西飞行，未予重视。12时30分，东京举行的防空演习刚结束几分钟，杜立德机组便首先到达东京上空投弹，随后12架飞机相继轰炸了东京，另外3架分别轰炸了名古屋、大阪和神户。当美机飞临东京上空时，多数市民还以为是防空演习尚未结束，空袭达成了突然性，16架美机未遇任何抗击。由于提前起飞，航程增大，油量不足，美机未能按预定计划返航到中国东部机场着陆，1架飞机飞到海参崴，15架飞机迫降或坠毁在中国境内，8人被日军俘虏，5人阵亡，杜立德等其余人员得到中国军民的援救后返回美国。

美军首次轰炸日本振奋了美国民心士气，打破了日本的战争计划，迫使其调遣部队加强本土防空和集中兵力攻击中国沿海机场，牵制了日军南进的兵力。

(王　谦)

Jiluo Shanben Wushiliu Zuoji

击落山本五十六座机 (Shooting down Yamamoto's Plane)　美国航空兵于1943年4月18日击落日本联合舰队总司令、海军上将山本五十六座机的空中袭击战。亦称“布干维尔偷袭战”。

1943年4月，日军在太平洋战场已逐渐陷入被动。为扭转局势，山本五十六计划率领参谋人员到达拉包尔，部署对所罗门群岛和新几内亚美军的进攻，并视察布干维尔岛北端的布因基地。4月13日，当日军向有关基地、部队发电报，通报山本五十六视察日程安排时，美军情报部门截获并破译了电报。美太平洋舰队司令尼米兹上将决定使用瓜达尔卡纳尔岛享德森基地第339中队的P-38型战斗机截击山本五十六座机，并制定了代号为“报复行动”的作战计划。该计划得到美国总统罗斯福批准。

1943年4月18日6时，山本五十六及其参谋人员分乘2架轰炸机，由6架“零”式战斗机护航飞离拉包尔。7时35分，美军16架P－38型战斗机由米歇尔少校任带队指挥官，兰菲尔上尉任突击队4机队长，从瓜岛起飞，飞向布干维尔岛。飞行中保持无线电静默。9时35分，在飞抵巴莱尔以北56千米上空时，米歇尔少校发现左前方2架日本轰炸机，立即带掩护队爬升至6 000米高度，引诱日机。日军护航的3架“零”式战斗机追击美掩护队时，兰菲尔突击队4架P-38型战斗机迅速切入山本五十六座机航线，没有与日军另外3架护航机纠缠，直接向山本五十六座机俯冲攻击。当山本五十六座机降低高度到60米企图逃脱时，兰菲尔加速追击并连续开炮，山本五十六座机当即中弹起火，坠落在布因城北丛林之中，机毁人亡。另1架日轰炸机迫降，机上人员负伤。空战仅持续3分钟，6架日护航机全部被击落、击伤。美机被击落1架，击伤6架。击落山本五十六座机是太平洋战争爆发以来对日军的一次沉重打击，被日本称为“甲级事件”。

(姜　华)

Xinjineiya Zhanyi Kongjiang Zuozhan

新几内亚战役空降作战 (New Guinea Campaign, Airborne Operation in the)
第二次世界大战期间，美国、澳大利亚盟军于1943年9月5～16日在新几内亚战役中的空降作战行动。

1943年6月，盟军在新几内亚及其附近岛屿对日军发动进攻战役。决定首先攻占马坎姆河谷地区，建立海空军前进基地，并作为陆战部队进一步向俾斯麦群岛、新几内亚全岛进击的展开地域。为此，盟军必须首先收复新几内亚的萨拉马瓦和莱城。莱城扼马坎姆河谷之口，为新几内亚岛东北海岸的一个战略据点。防守莱城和沙拉毛阿登陆地区的日军有1万人，战斗机185架、轰炸机204架。6月29日，美军在新几内亚沙拉毛阿以南的纳索湾登陆，遭日军顽强抵抗，未获得重大进展。D.麦克阿瑟上将决定使用空降部队配合两栖登陆作战，意图是当地面部队在莱城登陆并逆马坎姆河谷而上发展进攻时，分别使用伞兵和机降部队，对位于莱城以西40千米的纳扎布机场实施伞降和滑翔机机降突击，占领机场，保障澳军第7步兵师机降，切断河谷通路，协同已从海上登陆的部队攻击莱城，向沙拉毛阿发展进攻，围歼该地区的日军。参加空降作战的有美军第503伞兵团和澳军第7步兵师、第9步兵师2个旅，共集中96架C-47型运输机。由于集结运送空降部队的运输机需要时间，空降作战行动由8月1日推迟到9月5日。9月1～3日，美陆军第5航空队对设在马坎姆河谷地区的日军防御工事、机场及海岸舰只进行了连续轰炸，在莱城地区夺得局部制空权。

9月5日拂晓，澳军第9步兵师2个旅在莱城以东19千米、25千米两处海滩登陆，占领滩头阵地，向莱城方向发起进攻。8时25分，美军第503伞兵团1 700人乘坐85架C-47型运输机分别从新几内亚岛南莫尔兹比港的沃德和杰克逊机场起飞，在100余架战斗机护航下，于10时20分进入目标上空伞降。伞降时未遇抵抗，5分钟内全部着陆，95%的人员降落在预定地点。麦克阿瑟与伞兵一起飞往空降场上空，以鼓舞士气。此时，从海上登陆的1个工兵营到达纳扎布抢修机场，当夜修好机场并运来通信分队及各种设备。9月6日，澳军第7步兵师开始乘运输机飞抵纳扎布简易机场机降。至11日，C-47型运输机共出动420架次。第7步兵师着陆后由西向东发起进攻，与第9步兵师形成对日东西夹击。9月13日，盟军占领沙拉毛阿，16日攻占莱城。

(王海瑛)

Yingjun Miandian Kongjiang Zuozhan

英军缅甸空降作战 (Burma, British Airborne Operations in)　第二次世界大

战期间，英国军队于1944年3月5日～4月12日对侵占缅甸的日本军队作战中的机降作战行动。

1943年11月开罗会议期间，美国与英国达成对侵缅日军的作战协议，决定从缅北部展开反攻，打通中印公路，重新打开中国的西南门户。1944年初，英军根据1943年上半年曾以空降作战方法深入日军战线后方袭扰的经验，制定了代号为“星期四行动”的机降作战计划。意图是增强盟军在印缅地区的远程攻击力量；切断缅甸北部日军交通线；确保利多公路畅通，配合英军北部部队由北向南运动，形成对缅甸北部日军的夹击。担负机降任务的是英军第3印度师，该师大部分官兵为英国人，为迷惑日军，命名为印度师。师部驻印度东部的英帕尔，下辖各旅驻英帕尔以西130千米的海拉坎迪及拉拉加特。共有13架C−47型、12架C−46型运输机、150架滑翔机、100架L−1、L−5型飞机，6架直升机，以及30架P−51A型战斗机和12架B−25H型轰炸机。机降场为开泰地区名为百老汇、波卡迪利和周伦希的3块林间地。

机降行动分为两个阶段：① 1944年3月5日18时开始，第77旅部分人员及一个美军机场修建分队共539人，乘67架滑翔机从拉拉加特起飞，20时开始在百老汇机降，因地形复杂，伤亡较大，只有32架滑翔机在预定地点着陆。着陆部队构筑了一个简易机场。3月6日夜间，由83架C−47型运输机和“达科他”运输机空运第77、第111旅在简易机场着陆。由于日军反击，英军被迫于3月10日放弃简易机场。② 3月22日～4月12日，使用C−47型运输机向百老汇空运第14旅和第3西非旅。3月23日～4月1日，机降部队以百老汇为据点，粉碎了日军8次进攻。随后机降部队1.1万人组成数十个分队，深入缅甸中部的日军后方进行破袭活动。此次行动，共出动运输机1 042架次，滑翔机79架，空运1.28万人，骡马1 961匹，作战物资528吨。伤亡3 000余人。第3印度师司令温盖特准将从百老汇返回英帕尔途中飞机撞山身亡。机降部队在日军后方采取了一系列行动，逐渐向北发展，与英北部军队形成南北夹击之势。5月17日，北部军队抓住战机，夺占了密支那，恢复了盟军在密支那地区的空中补给线。　（王海瑛）

Meijun Dui Ri Zhanlüe Hongzha

美军对日战略轰炸　(U.S. Strategic Bombing against Japan)　第二次世界大战后期，美国航空兵于1944年6月～1945年8月对日本本土及其占领城市的轰炸作战行动。

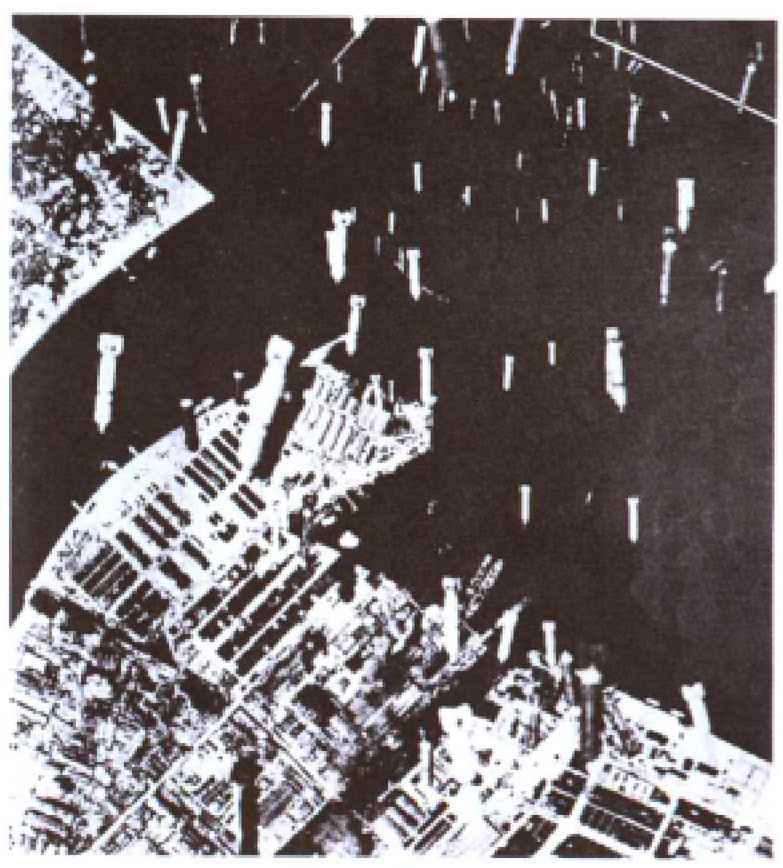
1943年2月，美军在太平洋战场由战略防御转为战略进攻。美军为摧毁日本的军事工业、海空军设施和民众抵抗意志，从1944年夏季开始对日本实施大规模轰炸。担负轰炸任务的主要是美陆军第20航空队的2个联队，第20轰炸机联队驻印度加尔各答和中国成都，第21轰炸机联队驻马里亚纳群岛。战略轰炸分为3个阶段。



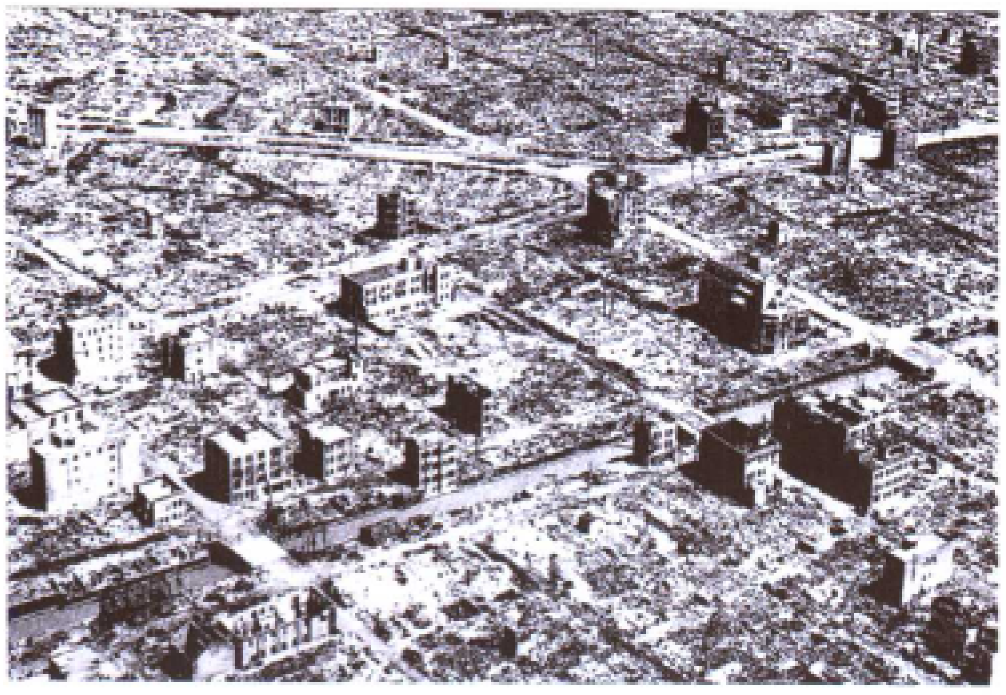
第一阶段(1944.6～10)　6月15日，第20轰炸机联队的68架B－29型轰炸机从中国成都起飞，轰炸日本九州的八幡钢铁厂。后又对长崎、佐世保等工业城市及日军占领的中国鞍山、沈阳、台湾冈山进行了轰炸。最多时一次出动100架次。5个月共出动22次，投弹1万余吨，收效不大。

第二阶段(1944.11～1945.3)　美军逐步在塞班岛、关岛、硫磺岛和冲绳岛等地建立前进基地后，10月，美参谋长联席会议下令加强对日本的轰炸。主要轰炸航空、石油、兵工等工业目标。11月24日，第21轰炸机联队的111架B−29型轰炸机对东京进行集中轰炸。12月起，轰炸目标扩大到名古屋、大阪、神户、横滨等8个城市。由于采用昼间轰炸，遭日本战斗机抗击，轰炸机损失严重。1945年2月4日和25日，先后两次使用燃烧弹进行夜间低空面积轰炸，收到明显效果。此阶段共投弹4.7万吨。

第三阶段(1945.3～8)　轰炸规模扩大，主要采用夜间低空面积轰炸方法，以避免日本战斗机的抗击，炸弹由爆破弹改为燃烧弹，轰炸目标改为居民稠密的城市。美陆军战术航空兵第5、第7航空队和海军航空兵也参加了空袭。3月9日，出动334架B−29型轰炸机，对东京投下1665吨燃烧弹，东京20%的工业区、63%的商业区被毁，100余万居民无家可归，伤



美军B－29轰炸机
在大阪上空投弹



遭受战略轰炸后的东京

亡人数超过12万。至6月15日，共出动轰炸机6 960架次，对东京、川崎、名古屋、大阪、横滨和神户6大城市进行17次大规模轰炸，投燃烧弹4.15万吨，并向日本附近海域投放水雷1.21万枚，封锁海上交通，炸毁日本船只670艘，使日本海上交通陷于瘫痪，日本列岛成为孤岛。8月6日和9日，美军向广岛、长崎投掷两颗原子弹之后，每日继续出动数百架次飞机进行空袭。8月15日日本宣布投降的当天，出动833架B－29型轰炸机对日本进行战争期间规模最大也是最后一次空袭，熊谷市遭到彻底毁坏。

美军对日本的战略轰炸，共出动飞机51 903架次，投弹16万吨，日本98座城市遭到轰炸，其中除广岛和长崎遭受原子弹轰炸外，64座城市遭燃烧弹轰炸，有些城市被毁40%～60%，有的几乎成为废墟。日本工业遭到重大破坏，电力和炼油工业生产能力分别下降70%和83%，铝和生铁生产下降15%，飞机工业下降60%，其他军工生产下降30%左右，国民经济濒临崩溃。据战后美国发表的调查报告称，对日本最后9个月的战略轰炸，造成平民伤亡达80.6万人。战略轰炸成功的主要原因是：掌握制空权，B－29型轰炸机性能优越，战略指导与战术运用得当；使用了70%的燃烧弹；日本防空力量薄弱，对空警戒系统不完善，房屋多为木质结构。

（华人杰　杨宇杰）

Feilübin Jingong Zhanyi Kongzhong Zuozhan

菲律宾进攻战役空中作战 (Philippine Offensive Campaign, Air Operations in the) 第二次世界大战期间，美国军队于1944年10月～1945年7月在菲律宾群岛进攻战役中的空中作战行动。

1944年夏，美军占领马里亚纳和新几内亚后，决定首先夺取莱特岛，而后占领整个菲律宾，以切断日本本土与荷属东印度群岛(今印度尼西亚)和缅甸的交通。日军为固守这一战略基地，决定实施代号为“捷1号”的作战行动，与美军决一死战。为此，在菲律宾成立陆军第14方面军，由陆军第4航空军及海军航空兵提供支援。美军参战兵力为陆军第6集团军、第8集团军一部及特种兵部队共28万余人，海军第3、第7舰队和陆军第5、第13航空队及澳大利亚航空队提供支援，共有飞机约2 500架，由西南太平洋战区总司令D.麦克阿瑟统一指挥。

9月中旬～10月中旬，美军航空兵连续空袭菲律宾、台湾和冲绳等地，炸毁大量日机，夺得制空权。10月10～20日，美军先后夺取莱特湾口3个小岛，并分别在莱特岛东岸的塔克洛班和杜拉格登陆。日军集中数百架飞机攻击美军登陆舰船，收效不大。20日，美军上陆逾10万人，占领宽20千米、纵深18千米的登陆场，随后将日军分割于卡里加拉、布拉文等地区。23～26日，双方海军在莱特湾附近海域进行大规模海战，其中最重要的有锡布延海、苏里高海峡、恩格洛角和萨马岛海战，美军以较小代价重创日舰队及航空兵。10月底，日军第1、第26师和第68旅等部增援莱特岛，至12月初，岛上兵力达7.5万余人，并有舰艇79艘和飞机数百架配合作战。此时，美军已上陆2个军共17.4万余人，并有约700艘舰艇和4 700架飞机负责输送和掩护。日军在纵深顽强抵抗，并使用“神风特攻队”飞机和特攻艇攻击美军舰船，战局一度出现胶着状态。12月7日，美军第7师从西海岸奥尔莫克湾登陆，在海军和空中力量配合下东西夹击，终于突破日军防线。25日，守岛日军大部被歼，结束有组织的抵抗。美军又先后攻占名都洛、吕宋岛和马尼拉，以及棉兰老、班乃、内格罗斯等岛屿。至1945年7月上旬，菲律宾群岛上的大规模战斗行动结束。

此役，日军被歼45万人，损失舰艇68艘，飞机约7 000架(其中特攻飞机700余架)；美军伤亡6.2万余人，损失大型舰只21艘、飞机900余架。美军凭借海空优势，采取集中兵力、中间突破战术，给日军以毁灭性打击，切断日本掠夺南洋战略物资的海上运输线，为盟军进攻日本本土创造了条件。　（姚　卫）

Ji'e Zhanyi

“饥饿战役” (“Hunger Campaign”) 第二次世界大战后期，美国陆军航空兵于1945年3～8月对日本周边海域的空中布雷封锁作战行动。代号为“饥饿战役”。

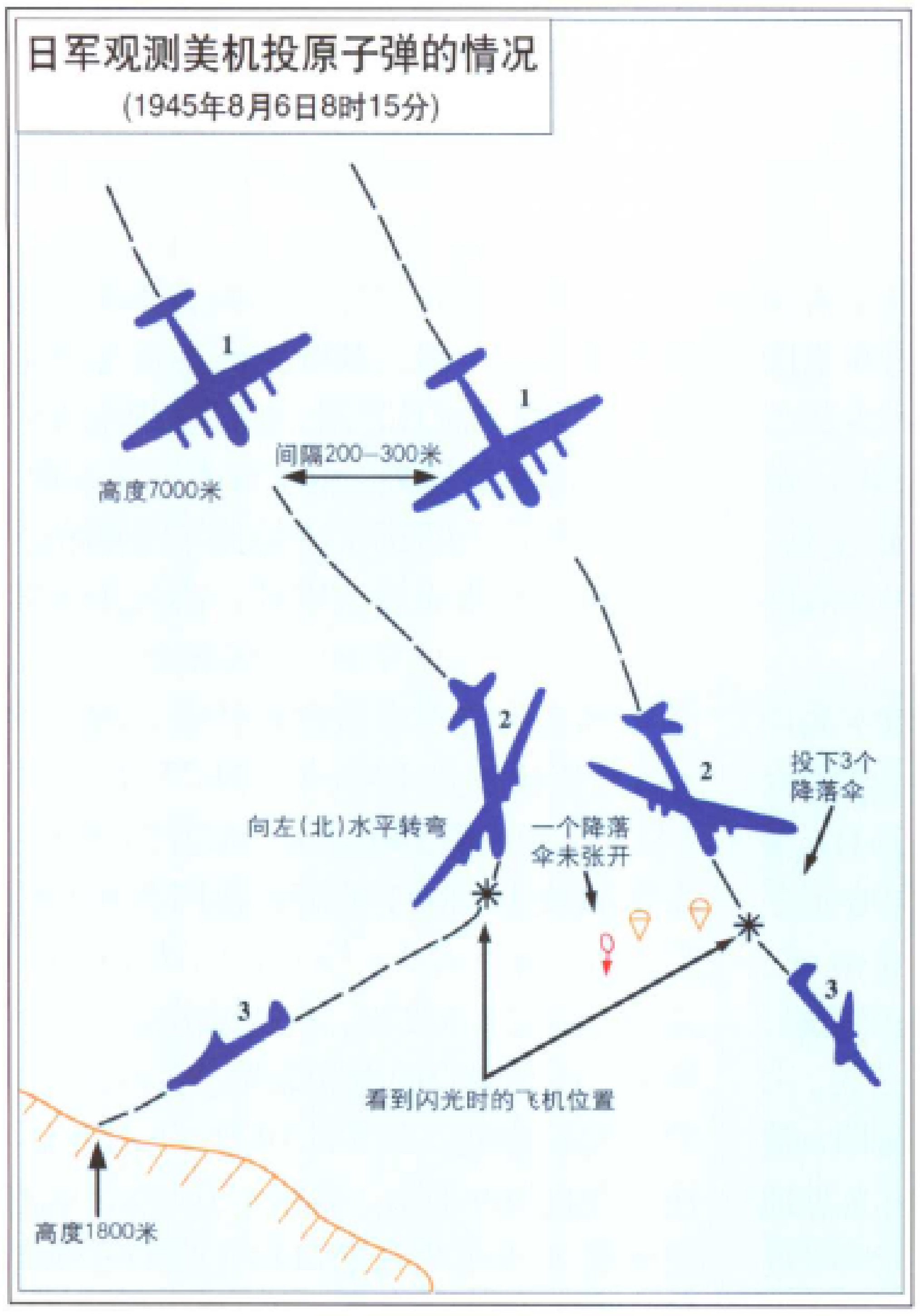
1944年底，美军为切断日本本土与西南诸岛、中国、朝鲜之间的海上交通线，及早结束对日作战，制订了用水雷封锁日本海域的计划。由于日本近海水雷、防潜网和岸上防御工事给美军潜艇和水面舰艇活动造成较大困难，决定由美陆军第20航空队使用80～100架B－29型轰炸机完成空中布雷封锁任务。战役共分5个阶段：① 1945年3月27日～5月3日，出动飞机246架次，布雷2 030枚，布雷海域主要在下关海峡及阿久根和佐世保等。② 5月4～13日，出动飞机195架次，布雷1 422枚，布雷海域除下关海峡外，还有濑户内海和东京、名古屋、神户、大阪诸港。③ 5月14日～6月6日，出动飞机209架次，布雷1 313枚，布雷海域是本州西北各港口和九州的近海海域。④ 6月7日～7月8日，出动飞机404架次，布雷3 542枚，布雷海域主要是濑户内海一带。继续封锁下关海峡，并对神户、大阪等重要港口反复布雷。⑤ 7月9日～8月15日，出动飞机474架次，布雷3 746枚，布雷海域广阔，除封锁下关海峡和本州、九州地区外，围绕朝鲜海岸，在釜山、马山、元山、兴南、清津各港布雷，使日本全岛陷入被封锁状态。

美军布雷封锁历时4个半月，共出动飞机1 528架次，布雷1.2万余枚，基本上达到了战役目的。共炸沉、炸伤日本舰船670艘，其中包括“海鹰”号航空母舰在内的65艘军舰。损伤的舰船总吨位近140万吨，相当于战役开始前日本舰船总吨位的75%。港口、航道被封锁，日本舰船几乎停航，对外海上交通线中断。日本失去原料来源，军工生产陷于停顿，全国陷入饥饿状态，国力和军队战斗力急剧下降，加速了日本的崩溃。整个布雷作战美军损失15架飞机。

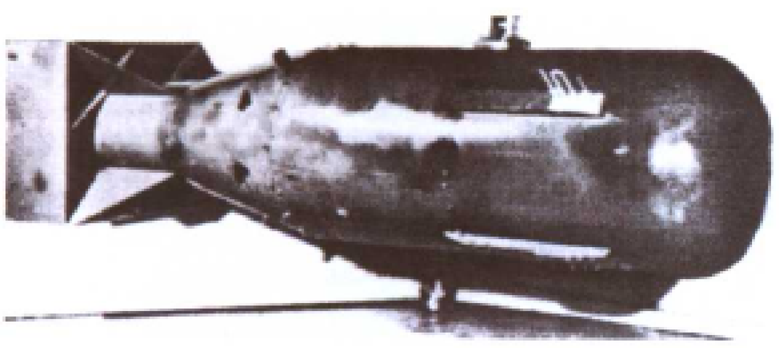
（胡娟娟）

Meijun Yuanzidan Hongzha Riben

美军原子弹轰炸日本 (U.S. Nuclear Bombing against Japan) 第二次世界大战末期，美国陆军航空兵于1945年8月6日、9日先后对日本广岛和长崎市的核轰炸。美军对日战略轰炸的组成部分。



1945年7月16日，美国第一颗原子弹试验成功。当时日本在盟国打击下国力衰竭，败局已定，但仍积极准备“本土



轰炸广岛的原子弹

决战”。美国为加速战争进程，迫使日本在苏联参战前投降，削弱苏联在远东的影响，同时在战争结束前对原子弹进行实战效应试验，经与英国协商后，决定于8月初对日本使用原子弹。执行此项任务的是美陆军航空兵第509混合大队。该部队从1944年开始训练，多次在日本上空进行模拟投掷演练。1945年8月6日凌晨，6架B－29型轰炸机从马里亚纳群岛的提尼安岛起飞。其中原子弹载机“埃诺拉·盖伊”号携带代号为“小男孩”的4吨铀弹，其余分别为气象观测机，携带科学测试仪器的“空中实验室”和照相侦察机。8时15分，载机在广岛上空1万米高度投弹。50秒钟后，这颗当量2万吨级的原子弹在离地面666米高度空爆，形成一个直径约100米的火球，爆心温度高达30万℃。爆心周围12平方千米内的建筑物全部被摧毁，全市房屋被毁近2/3；炸死、炸伤各7万余人，约占广岛人口(不含疏散人口)的60%。原子弹爆炸16小时后，美国总统H.S.杜鲁门敦促日本无条件投降。广岛的毁灭，并未使日本屈服。8日，苏联对日宣战，随即出兵中国东北。

9日，美军在长崎投下第2颗原子弹。当日3时29分，美军B－29型轰炸机携带代号为“胖汉”的钚弹从提尼安岛起飞。8时42分，与载有科学测试仪器的飞机会合，直飞第1攻击目标日本小仓，因天气不好，后决定飞向第2攻击目标长崎。长崎上空多云，无法进行目视瞄准，但在最后一瞬间，透过云层发现一空隙，随即进行目视轰炸。10时58分投弹，该弹当量2万吨级，1分钟后爆炸。爆心周围11平方千米地区内的房屋全部被摧毁，长崎68%的工厂毁坏；炸死3万余人，炸伤4万人，约占该市当时实际人口(不含疏散人口)的1/3。10日，日本裕仁天皇决定向同盟国无条件投降。

美军原子弹轰炸日本，对早日结束第二次世界大战起了一定作用，但给日本人民造成重大伤亡。原子弹的使用，在世界军事史上揭开了核武器时代的序幕，对战后国际政治和各国军事战略格局产生了深远影响。

(华人杰 管有勋)

Yuandong Zhanyi Kongzhong Zuozhan

远东战役空中作战 (Far East Campaign, Air Operations in the) 第二次世界大战后期，苏联军队于1945年8月在远东战役中的空中作战行动。

1945年初，世界反法西斯战争即将取得最后胜利。2月，苏联在雅尔塔会议上同意参加对日本作战。4月5日，苏联宣布终止1941年4月与日本签订的《苏日中立条约》。5月，开始向远东集结兵力。参战苏军总兵力达到157万人，包括3个空军集团军和3个防空集团军，空军飞机3 800架，海军航空兵飞机1 500架。苏军总参谋长A.M.华西列夫斯基任苏军远东总司令，空军总司令A.A.诺维科夫、海军总司令H.Г.库兹涅佐夫均被派往远东协同指挥。第12空军集团军(装备作战飞机1 334架)、第9空军集团军(装备作战飞机1 158架)、第10空军集团军(装备作战飞机1 095架)分别配属给贝加尔方面军、远东第1方面军和远东第2方面军。为加强空运力量，将两个运输航空兵师190架运输机编入第12空军集团军。3个防空集团军部署在后贝加尔、黑龙江沿岸、滨海地区。苏军最高统帅部规定空军的任务是：夺取战役制空权，支援陆军部队快速推进，执行空中侦察、空中运输、空降等任务。海军航空兵主要负责支援进攻朝鲜、库页岛(萨哈林岛)和千岛群岛的作战。日本驻中国东北、朝鲜的关东军和满蒙军队共120万人，坦克1 200辆，作战飞机1 800架。



遭受原子弹轰炸后的广岛

1945年8月8日，苏联对日宣战。次日零时10分，苏军发起进攻。拂晓后，空军首批出动347架轰炸机，分别轰炸日军占领的中国海拉尔、哈尔滨、长春等地铁路枢纽和军事工业目标。当日，苏军3个空

军集团军共出动飞机2 000余架次。日军为保存实力,将空军主力撤至朝鲜南部和日本本土,基本上没有进行抵抗。苏空军掌握战役制空权后,主要用于支援地面部队作战,歼击机也参加了对地攻击。12日,出动运输机1 755架次,向供给中断、前进受阻的苏军坦克兵团紧急空运2 072吨油料、186吨弹药及大量淡水,保障了坦克兵团的作战行动。15日,苏军主力到达满洲中部平原,日本宣布投降。远东战役进入第二阶段后,苏军开始组织50~500人的小部队在中国东北和朝鲜各城市空降,接受当地日军投降。18日,首批空降部队120人在歼击航空兵掩护下在哈尔滨空降,随后又机降363人;在长春机降500人,在沈阳、吉林、旅大分别机降225人、200人和448人。24日,苏军空降部队占领朝鲜平壤和咸兴。25日,占领库页岛南部。31日,攻占千岛群岛。

远东战役历时20多天,苏军航空兵共出动飞机1.8万架次,投弹3 000余吨,其中支援地面部队作战飞行(包括轰炸交通线)占总架次44.3%,空中侦察占25.7%,空运和通信联络占30%。远东战役空中作战的主要特点是:迅速夺取战役制空权;将空军主力用于支援地面部队作战;重视空中侦察;大规模使用运输机。(管有勋)

Dikong daodanShouci Jiluo U-2 Zhenchaji

地空导弹首次击落U-2侦察机 (First Shooting down a U-2 Bomber by Ground-to-Air Missile) 苏联防空军地空导弹部队于1960年5月1日在斯维尔德洛夫市上空击落美国空军U-2型高空侦察机的战斗行动。是世界上首次击落U-2型侦察机。1960年4月,美国为了侦察苏联乌拉尔地区的军事和工业目标,将其空军驻土耳其耶尔德泽利基地侦察分队的U-2型飞机事先秘密转场至巴基斯坦白沙瓦机场。5月1日5时36分,U-2型飞机从白沙瓦机场起飞,穿过阿富汗,从帕米尔地区侵入苏联领空,高度20 000米,时速750千米,直飞斯维尔德洛夫市上空,苏联空军先后起飞米格-19型、苏-9型歼击机多批进行拦截,均未奏效。苏联防空军部署在斯维尔德洛夫地区的地空导弹部队及时发现并截获目标,在团参谋长沃罗诺夫指挥下,发射3枚地空导弹,8时53分,第1枚导弹击中目标。美国空军飞行员F.鲍尔斯上尉跳伞后被俘。(陆文至)

Sujun Jieke-Siluofake Kongjiang Zuozhan

苏军捷克斯洛伐克空降作战 (Soviet Airborne Operations in Czechoslvakia) 苏联军队于1968年8月20日武装入侵捷克斯洛伐克战争中的空降作战行动。

1955年5月,捷克斯洛伐克加入华沙条约组织。杜布切克担任捷共中央第一书记后,离苏倾向日趋严重。苏联在施加政治、经济压力无效后,决定以华约组织名义对捷实施武装入侵。为此,苏军从1968年5月开始先后13次举行以侵捷为背景的军事演习,并以演习为名,集结23个师25万人、7 000辆坦克、800架飞机,编成3个集团军,2个空降军。为达成作战突然性,从8月19日开始,苏军部署在捷境外的无线电设备全部保持静默;对西方国家在边境上设置的无线电监听站施放强烈干扰,并沿捷克斯洛伐克、联邦德国、奥地利边境空投大量的金属箔条,使捷雷达网失效,西方监视布拉格上空的雷达显示屏呈现一片"白雾"。20日23时,1架满载苏军伞兵的安-12型运输机飞临布拉格国际机场上空,佯称发动机出现故障,请求紧急降落。机场按国际惯例准予降落后,机上70多名全副武装的伞兵迅速占领机场各个要害部位,并胁迫机场人员保障其后续机群着陆。随后,苏第105空降师乘30架安-12型运输机,从白俄罗斯的维杰布斯科起飞,在战斗机的掩护下在布拉格机场降落。着陆后,空降兵搭乘机降的坦克和装甲输送车,向布拉格市区突进,迅速控制了该市所有的交通要道,包围了中央委员会大厦、国防部、外交部,占领了邮电局、广播电台等要害部门,拘捕了包括杜布切克在内的捷党政军领导人。同时,苏空降师一部在捷南部的布杰约维策、布拉迪斯拉发、布尔诺等地机降,波兰空降第6师一部在捷北部赫拉得茨克拉诺维机降,控制机场,作为空运军队和补给物资的前进基地。此外,还使用直升机部队占领捷东部地区的交通要点科希策。地面部队在空降兵的配合下,从3个方向以60千米的时速向捷纵深实施向心突击。21日,苏军完成对捷全境的占领。这是第二次世界大战后苏军运用欺骗手段达成战略突然性的一个典型战例。

(管有勋)

Sujun Afuhan Kongjiang Zuozhan

苏军阿富汗空降作战 (Soviet Airborne Operations in Afghanistan) 苏联军队于1979年12月24日~1980年1月3日入侵阿富汗的空降作战行动。

1979年9月,执政的阿富汗人民民主党内部发生火并,政府总理H.阿明夺得政权后,试图摆脱苏联控制,声称要与美国实现关系正常化。苏联担心失去对阿控制,出于推行"南下战略"的需要,决定对阿实施军事占领,并进行战争准备。11月中旬,向阿增派军事顾问和专家,使其总人数达到3 000名以上,渗透并控制到阿军营一级单位。11月下旬,苏在边境的捷尔美兹建立了前方指挥部,由国防部副部长索科洛夫斯基任总指挥。12月初,以保卫军事设施和与阿军联合清剿反政府武装为由,向阿空运1个空降团,连同以前空运的1个步兵营,兵力达到2 000余人,分别部署在喀布尔、巴格拉姆、兴丹、贾拉拉巴德等地机场和萨兰山口等军事战略要地。14日后,以远程空运演习为名,将白俄罗斯军区第103空降师和南高加索军区第104空降师各一部,前调至中亚军区,与该军区第105空降师一起组成空降突击群。20~23日,以运送援阿军事装备为名,每天平均出动大型运输机50余架次,向阿运送大批武器弹药及军用物资。至24日,空降突击群和由第16、第201、第360摩步师组成的东突击群及由第54、第66、第357摩步师组成的西突击群,以及为突击群提供空中掩护和支援的前线航空兵4个团做好战斗准备。空降突击群的主要任务是:率先实施入侵行动并占领首都喀布尔;配合东、西突击群攻占阿境内重要目标。

12月24~27日,苏运输航空兵出动安-12、安-22、伊尔-76等型运输机2 000余架次,将空降突击群7 750人、1 060吨物资、890件大型武器装备等运入阿富汗,机降在喀布尔和巴格拉姆机场。空降兵着陆后,随即占领两个机场及附近要地,做好进攻首都喀布尔及配合地面突击群行动的准备。27日19时30分,第105空降师从喀布尔机场出发,分数路向市区预定目标发起进攻。首先夺取电

报大楼，切断阿与外界的通信联系，同时攻占总统官邸，打死阿明及家庭成员。随即占领总统府、广播电台、外交部、国防部等，抓捕了大部分政府部长。驻扎在首都地区的阿军战前已被苏联顾问分别调往外地或解除武装，苏军在行动过程中仅遇到总统卫队的抵抗，仅用3个多小时就完全控制了喀布尔。28日凌晨，以卡尔迈勒为首的新政府宣布成立。苏军东、西两个突击群越过苏阿边境，沿阿东、西两条战略公路高速开进，会师于坎大哈，封锁阿边境，控制阿全境交通要冲。与此同时，空降突击群由喀布尔和巴格拉姆机场起飞，先后在赫拉特、兴丹、坎大哈、马扎里沙里夫、法扎巴德、贾拉拉巴德等地机降，并在伊什卡会姆、阿萨德巴德等边境地区伞降，先于地面部队到达，控制要点。空降突击中，苏空军使用米格-21、米格-23、苏-17等型飞机和米-24型武装直升机共100多架参加支援作战。

此战，苏军空降突击群打头阵占要点，配合地面部队作战，既增大了入侵突然性，又提高了进攻作战速度，使苏军在一周内推进700～900千米，占领阿主要城镇和交通干线，迅速控制阿局势。

（崔连祥）

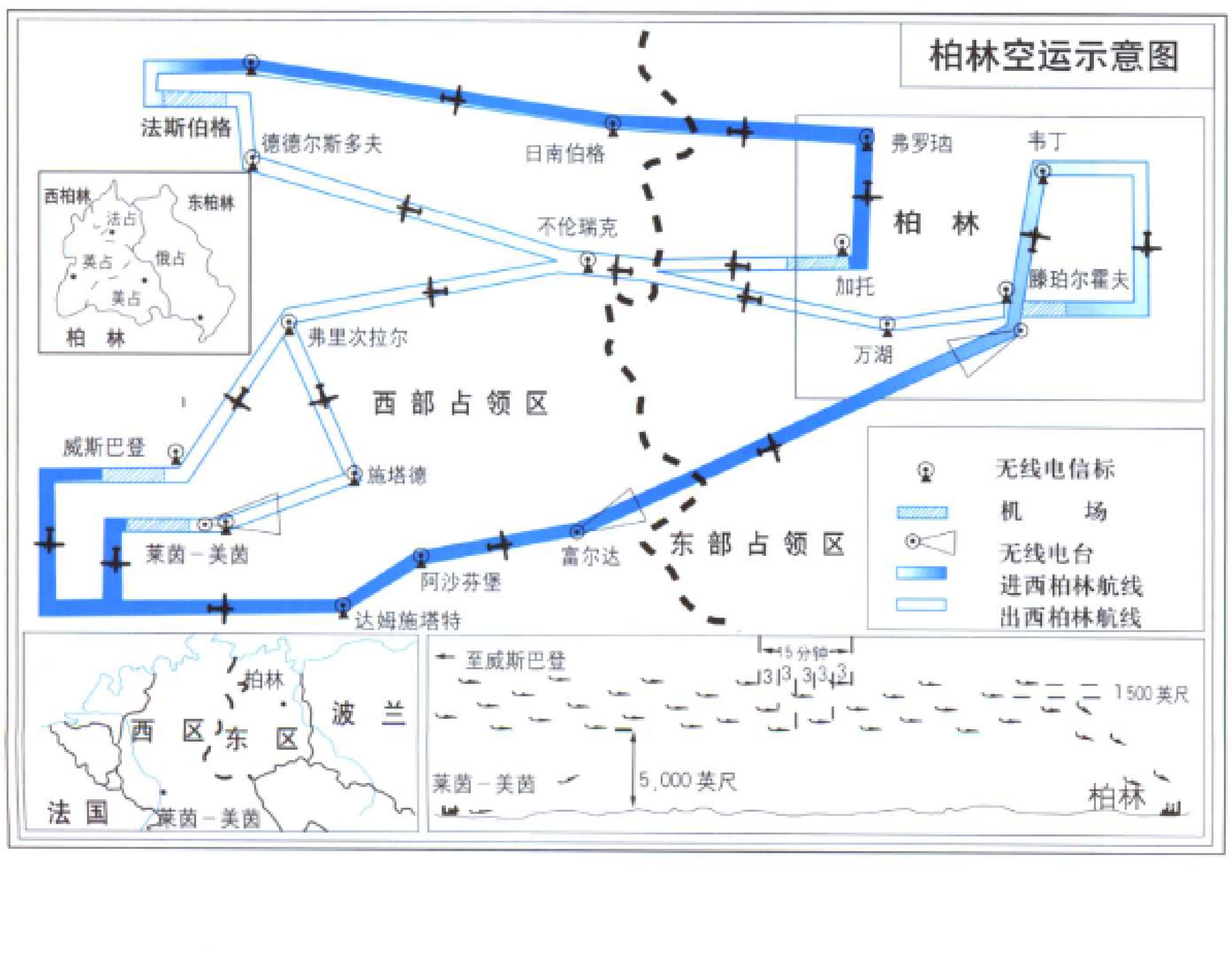
Bolin Kongyun

柏林空运 (Berlin Airlift) 美国、英国于1948年6月～1949年8月向柏林西部运送燃料及其他物资的空中运输行动。是历史上非战争情况下规模最大的一次空运行动。美国称之为“运粮行动”。英国称之为“简单伙食行动”。

第二次世界大战后，德国分别由美国、英国、法国、苏联4国占领。柏林位于苏联占领的德国东部地区，该市西部由美、英、法国占领，东部由苏联占领。地面通道由苏联控制，但西方国家有权使用从其占领区直通柏林的空中走廊。因利益冲突，1948年3月，苏联打算剥夺西方国家使用空中走廊的权利，被美、英、法国拒绝。6月，苏联切断了通往柏林西部铁路、公路和水路交通，迫使西方国家只能使用空中运输向其占领区运送物资。26日，由C.E.李梅指挥的美国驻欧洲空军部队开始执行空运任务。29日，运输机达到161架，日运输量为1 500吨，但不能满足西柏林每天4 500吨的物资需要量。10月中旬，美、英成立了联合空运特遣队，参加空运的飞机达到459架，其中美国319架，英国140架。空运至1949年8月结束，持续13个月，共出动26.66万架次，向西柏林250万居民运送粮食、燃料及其他必需品共223万吨。空运行动达到了目的，但也付出了巨大代价，美国为此耗资2.24亿美元。

柏林空运空运数量大、持续时间长，显示了战略空运的巨大潜力，对未来战争中运输航空兵的使用提供了有益的经验。

（管有勋）



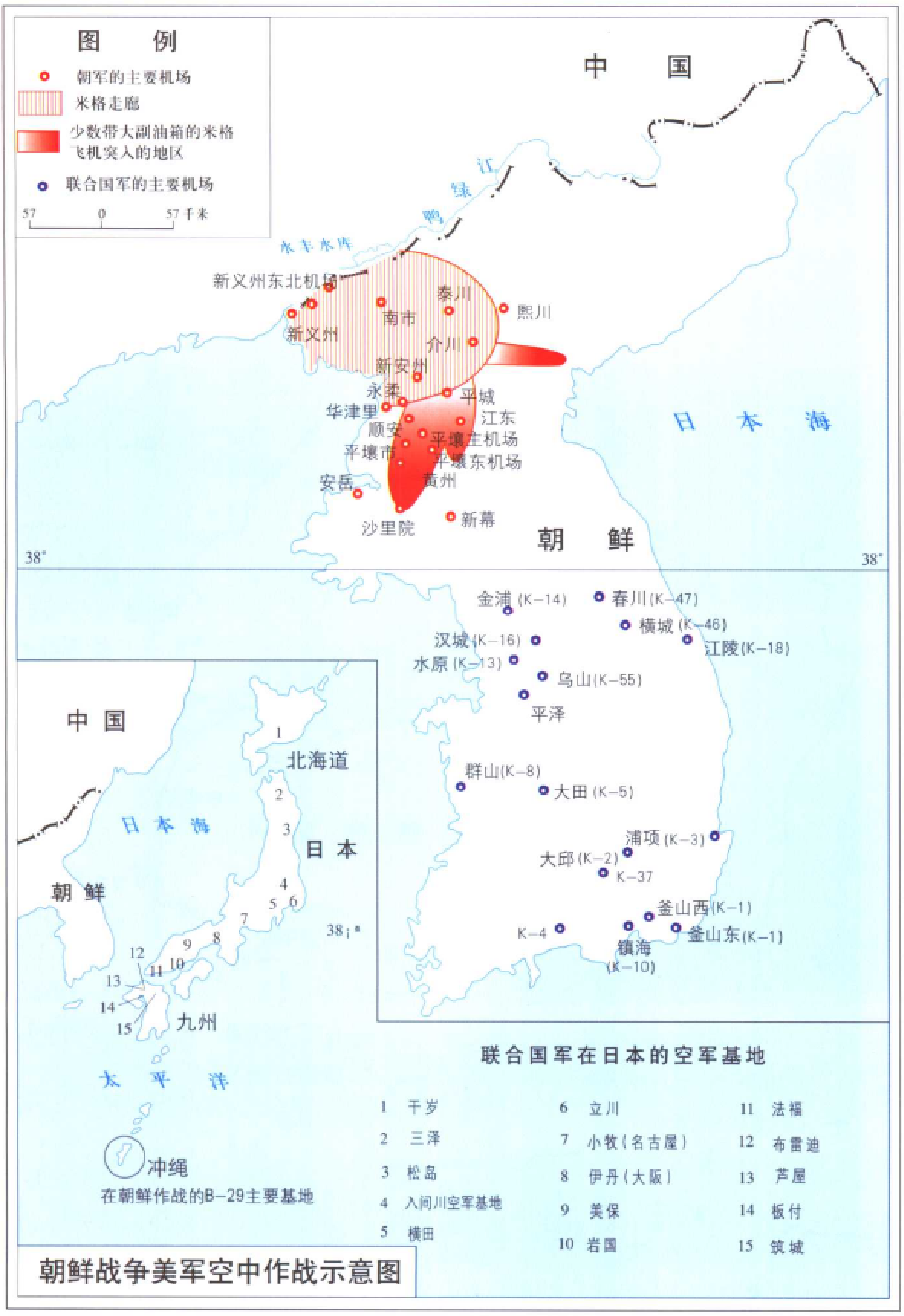
Chaoxian Zhanzheng Meijun Kongzhong Zuozhan

朝鲜战争美军空中作战 (Korean War, U.S. air operations in) 美军于1950年6月～1953年7月在朝鲜战争中的空中作战行动。

1950年6月25日，朝鲜内战爆发。27日，美国宣布对朝鲜作战。29日，美国远东空、海军飞机向朝鲜军事目标实施攻击。在长达3年的朝鲜战争中，美军空中力量从战争初期投入兵力9个联队另5个中队，作战飞机1 200多架，到战争结束时，直接参战兵力增加到17个联队，作战飞机2 400多架，数倍于朝鲜人民军航空队和中国人民志愿军空军(包括苏联空军投入的兵力)的飞机，主战装备为B-26、B-29、F-84、F-86等型飞机。

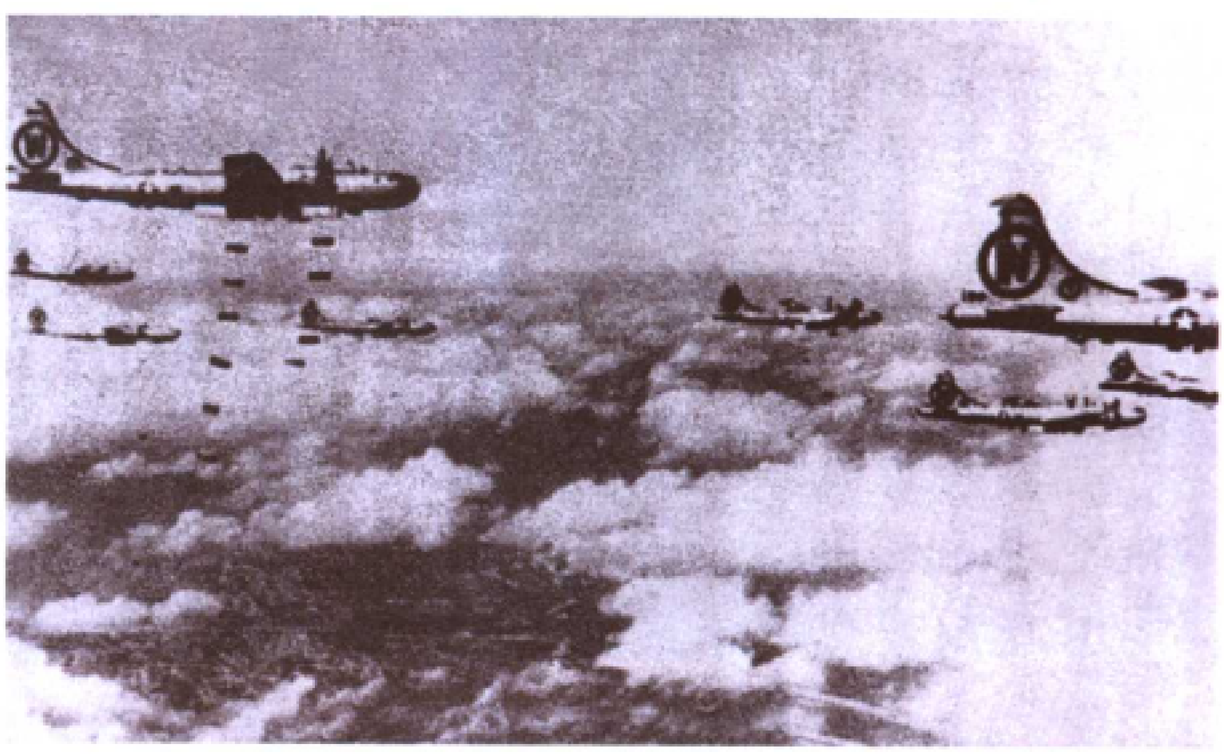
美军空中作战大体可分为3个阶段：①1950年6月～1951年7月。美军参战后，远东空军第5航空队主力迅速从日本调到韩国，首先轰炸朝鲜机场，在较短的时间夺取并掌握了朝鲜半岛的制空权，而后实施空中阻滞作战。②1951年8月～1952年5月。中国人民志愿军入朝作战后，向美军发动了5次进攻战役，迫使美军转入防御，战争双方在北纬38°线地区形成战略对峙局面。美军为施加空中压力，以朝鲜铁路运输系统为重点，实施“绞杀战”，但遭到中朝空地力量的联合抗击，“绞杀战”计划落空。③1952年6月～1953年7月。美军将空中突击重点从铁路交通转向水利发电系统、灌溉系统和重要军事设施。

美军空中作战行动主要是：①反航空兵作战。共计出动飞机8.68万架次，占战斗出动总架次的18.8%。主要采取轰炸朝鲜机场、通过游猎和设置屏障与朝中苏空军进行空战的作战方式。1950年6月29日，美空军与海军航空兵首次出动飞机轰炸朝鲜主要机场。至7月20日，美军宣布，朝鲜主要机场均遭破坏，击毁朝鲜空军110架作战飞机(共有150架)，夺取了朝鲜半岛的制空权。1951年5～8月，中朝在朝鲜北部修建了12个机场，因遭频繁轰炸未能使用。1953年5月3日，美军提出对朝鲜机场再次进行全面破坏计划，轰炸行动一直持续到战争结束。与此同时，美军在鸭绿江下游、清川江以北、平壤以东等地区多次空战。主要使用F-86战斗机采取小编队游猎方式偷袭对方出航、返航和起飞、降落时的飞机，同时采取大机群设置空中屏障方式进行阻截，为执行轰炸任务的部队提供直接或间接掩护。②空中阻滞作战。共计出动飞机22



朝鲜战争美军空中作战示意图

万余架次，占战斗出动总架次的47.7%。战争初期，为迟滞和削弱追击美军地面部队的北朝鲜人民军部队，一方面突击朝军行进和集结的坦克、火炮、汽车和兵员，另一方面对交通运输系统进行广泛轰炸突击，切断补给。1950年7月19～26日，对北纬36°线至38°线之间的交通线实施系统轰炸；8月2日～9月3日，对朝鲜人民军后方地域(包括38°线以北)的交通线进行了广泛轰炸；在9月15日实施仁川登陆之前，为孤立汉城至仁川地区，于5～13日对汉城、元山、平壤三角地带内的铁路、桥梁、隧道等进行反复轰炸。此后，为阻止志愿军向朝鲜运送兵力和物资，掩护美军从鸭绿江附近向北纬37°线撤退，配合地面部队进行防御和反攻，连续组织3次“空中封锁交通线”作战。第一次，1950年11月4～28日，集中轰炸鸭绿江上的桥梁。第二次，1951年3～4月，对北纬37°线以北11个阻滞区内目标实施“切断轰炸”。第三次，1951年5月22日至7月底，实施以公路运输为重点的“绞杀”作战。从8月开始，继续实施以路轨和路基为轰炸的重点“绞杀”作战；9～12月对新安州、西浦、介川“三角地区”铁路运输咽喉进行了重点轰炸。1952年3月后，集中兵力不分昼夜对铁路较短线段，特别是定州至新安州之间通过沼泽地带的铁路干线进行轰炸。③近距离空中支援作战。共计出动飞机9.26余万架次，占战斗出动总架次的20.1%。战争初期，在建立和巩固“釜山环形防御圈”的作战中，美军的近距离空中支援发挥了重要作用。1950年9月15日后，为美军仁川登陆和从釜山防御区发动反攻提供近距空中支援，对地面部队10月23日推进到鸭绿江附近起到重要作用。1952年10月14日起，美军发动“金化攻势”，大举进攻上甘岭地区志愿军阵地，近距离空中支援行动持续43天。④空中侦察行动。共计出动6.09余万架次，占战斗出动总架次的13.2%。除对朝鲜机场进行不间断侦察监视外，主要是配合空中阻滞作战行动，对朝鲜交通运输系统的调车场、桥梁、涵洞等目标进行侦察，同时负责对轰炸破坏效果进行检查。有时还深入到中国东北鞍山、沈阳等地进行空中侦察。⑤战略轰炸作战。共计出动994架次，占战斗出动总架次的0.2%。主要使用远东空军轰炸机指挥部所属部队，对朝鲜5个主要工业城市(平壤、元山、南兴、清津、罗津)进行战略轰炸。从1950年7月13日开始，持续3个多月，进行46次集中轰炸，使5个城市的18个重要目标平均被摧毁达55%。1952年6月23～27日，重点对水丰、赴战、甲山和长伊等地的重要水力发电系统发电厂及变电站进行集中轰炸，使13个发电厂中的12个遭严重破坏。1953年5月13日～6月19日，对


美军B－29轰炸机实施轰炸

德山、兹山、旧院街、龟城和德尚5处水库大坝进行集中轰炸，其中德山、兹山两座水库大坝遭到严重破坏，库水大量外泄，下游泛滥成灾。1953年7月27日21时36分，B－26型轰炸机投下最后一批炸弹，美空中作战宣告结束。

在朝鲜战争中，美军共出动飞机46.15万架次，投掷和发射弹药69.8万余吨。美军虽然占有空中优势，但在朝、中、苏空军及地面防空部队的抗击下，损失惨重。据美国战后公布的数字，共损失飞机2 648架。朝中苏空军损失飞机976架。　　（崔连祥）

Yuenan Zhanzheng Meijun Kongzhong Zuozhan

越南战争美军空中作战　（Vietnam War, U.S. Air Operations in）　美国空中力量于1961年9月～1973年3月在越南战争中的空中作战行动。

20世纪50年代中期，美国为镇压亚洲和太平洋地区的民族解放运动，控制连接太平洋和印度洋的战略通道，取代法国的殖民统治地位，扶植和援助越南西贡政权。1961年5月，美国出动特种作战部队进入越南南方，开始发动由美国出钱出枪，美国顾问指挥西贡政权军队进行的“特种战争”。9月起实施空中打击行动。参战的美军航空力量主要有驻关岛的战略空军第8航空队、驻西贡的战术空军第7航空队、驻菲律宾克拉克的第13航空队和海军第77特混航空兵、陆战队第1航空联队，共有各型作战飞机2 000余架，直升机约3 000架。

美军空中作战行动分为3个阶段：

第一阶段(1961.9～1964.7)　由美战术空军驻越南南方和泰国的各分遣队组成第2空军师，协助西贡军队进行“反游击战”，在越南南方进行清剿与扫荡。

第二阶段(1964.8～1968.11)　1964年8月，美国借口其军舰在公海遭到攻击，出动飞机轰炸越南北方港口，制造“北部湾事件”。1965年2月，开始对北方进行大规模轰炸。8～11日，美战术、战略空军与海军航空兵先后实施了代号“燃烧的标枪”Ⅰ、Ⅱ空袭行动。3月，美地面部队开始在南方直接承担主要作战任务。“特种战争”升级为以美军为主，以“南打北炸”为基本特点的局部战争。在“南打”的同时，为切断南、北方的联系，从

越南战争美军空中作战示意图



1965年3月开始，美空军实施“滚雷”行动，对越南北方进行空中进攻战役。

第三阶段(1968.12～1973.3)　1968年底，美国政府开始实施战争“越南化”政策，在加大对西贡政权军事援助的同时，美军开始陆续撤出。空中作战任务逐步交由西贡政权空军承担。这一阶段，美战术空军部队与战略空军部队继续在越南南方进行“掠夺作战”空中袭击。对越南北方采取“以炸迫和”。1972年5月10日～10月23日，美军集中空中力量实施“后卫”Ⅰ空中进攻战役，使用精确制导炸



美军空降作战

弹，对越南北方交通线实施全面轰炸，炸毁桥梁106座。12月18～29日，实施"后卫"Ⅱ空中进攻战役，出动200多架B-52型战略轰炸机，近千架战术飞机，对河内、海防、太原等主要城市昼夜连续空袭，越南北方工业系统、防空系统受到严重破坏。在两次"后卫"战役前后，还对越南北方进行了空中侦察、打击地面防空系统、突击北纬20°线以南目标等作战行动。1973年3月，美军全部撤出，侵越战争失败。越南战争期间，美空军与陆军航空兵、海军舰载航空兵、海军陆战队航空兵及西贡空军，共计出动飞机129万多架次，投弹750余万吨。据美国国防部资料，损失飞机和直升机8 612架。

越南战争美军空中作战的主要特点是：①以新武器和新战法支援地面军队作战。主要采取由陆军发现及拖住目标、空军消灭的作战方法；使用B-52型战略轰炸机突击战术目标。空中突击造成越南南方人民武装力量的伤亡占伤亡总数的70%以上。②突出空中阻滞作战。主要是对交通运输、军事工业及防空系统目标进行轰炸和突击，美空海军航空兵战术飞机出动35.5万架次，B-52型战略轰炸机出动1.2万余架次，共投弹87.6万吨。③首次使用精确制导武器。在"后卫"作战中，使用20世纪60年代后期研制成功的激光制导和电视制导炸弹，对桥梁等目标的轰炸取得较好效果。④注重压制防空作战。采取多种措施，减小越南北方防空武器装备的威胁。除集中轰炸越南北方军用机场时作战飞机携挂电子对抗吊舱外，主要是由EB-66型电子战飞机及F-100、F-105型反雷达飞机进行电子干扰和火力压制，并大量使用"标准"、"百舌鸟"反辐射导弹。 （崔连祥）

Gunlei Xingdong

"滚雷"行动 （"Rolling Thunder"）

越南战争期间，美国空中力量于1965年3月2日～1968年11月1日对越南北方的空中进攻战役。

1964年8月，美国制造"北部湾事件"，将战火扩大到越南北方。1965年2月13日，美国总统L.B.约翰逊批准对越南北方军事工业、军事基地和交通运输系统等实施大规模轰炸的"滚雷"行动计划。战役实施分为3个阶段：



美军B－52轰炸机实施轰炸

第一阶段(1965.3～1966.6) 为逐步升级阶段。开始时，美军空袭目标主要限于北纬17°至19°之间的目标，包括兵营、仓库、雷达站、桥梁等。3月2日，美空军出动45架F-105等型飞机，由KC-135型空中加油机及其他支援飞机保障，突击设于邦村的一座军火库。4月，B-52型战略轰炸机从关岛出动，首次参加空袭，每架投弹25～30吨。5月22日，美空军F-105型飞机首次越过北纬20°线，攻击广水兵营。6月下旬，第一次攻击河内以北目标。12月，美军将打击目标划分为6个"包干区"，空军负责攻击内陆包干区目标，海军负责攻击靠近海岸包干区目标。空袭兵力由每天出动30～40架次增至240余架次，月出动量最多时达4 000余架次。为减小越南北方防空力量的威胁，美军采取了多项措施，将空袭行动由昼间改为昼夜进行；由EC-121型预警指挥机在北部湾上空担任空中监视和引导，EB-66型电子干扰飞机和F-100、F-105型战斗机实施电子压制和攻击，为执行突击任务的飞机提供支援和保障。至1966年6月底，空袭范围扩大到除河内、海防两个城市外的整个越南北方，由空袭军事目标扩大到各类经济目标，对重要目标清化桥先后进行10次大规模轰炸，使该桥多次中断使用。

第二阶段(1966.7～1968.3) 为全面轰炸阶段。河内与海防不再列为空袭禁区。6月29日，美空、海军飞机第一次对河内及海防的油库进行大规模袭击，而后突击发电厂、汽车器材库、铁路调车场、太原钢铁厂及铁路线。7月，把河内、海防地区的16个固定目标和23处公路、铁路及水运线段列入空袭目标，其中对杜梅桥等重要桥梁反复进行轰炸。为削弱越南北方歼击机的抗击，1967年4月，美空、海军飞机开始对越南北方军用机场进行轰炸。

第三阶段(1968.4～10) 为部分停炸阶段。美国政府迫于国内外的压力，为集中兵力应付越南南方的地面作战，于1968年3月31日订出"部分停炸"方案。首先停止轰炸北纬20°线以北目标，而后停止轰炸北纬19°线以北目标，轰炸重点集中在19°线以南到非军事区的狭长地带。10月31日，约翰逊总统宣布，从11月1日华盛顿时间8时起，美空海军航空兵和炮兵全面停止对越南北方的轰炸和炮击。"滚雷"行动结束。

此役，美军共出动战术飞机30.4万架次，B-52战略轰炸机2 380架次，投弹64.3万吨，损失飞机3 300多架。美军对越南北方长期狂轰滥炸，并没有实现阻断北方对南方的支援和迫使北方接受谈判条件的战略企图。 （崔连祥）

Jianjiji Shouci Jiluo B-52 Hongzhaji
歼击机首次击落B-52轰炸机 (First Shooting down of a B-52 Bomber by Fighter) 越南空军于1972年12月27日夜间击落美国空军B-52型战略轰炸机的空中战斗活动。是世界上首次使用歼击机击落该型轰炸机。27日夜，美空军出动70余架B-52型飞机，从泰国乌塔堡基地起飞，在战斗机的掩护下，穿越老挝，经越南木州、越池，向河内方向进袭。越空军1架米格-21型歼击机从安沛机场起飞，在地面指挥引导下，22时31分25秒，飞行员范尊进入美3机梯队的后下方，高度6 000～8 000米；距离8 000米时，机载雷达发现目标；4 500米时，目视发现B-52型飞机为保持编队打开的航行灯，决定攻击美3机梯队中的第2架；2 500米时，空空导弹截获目标；1 800米时，发射两枚红外制导空空导弹，将B-52型轰炸机击落。

(陆文至)

Xidelawan Kongzhan
锡德拉湾空战 (Sidra Gulf, Airfight over the) 利比亚空军与美国海军航空兵于1981年8月19日在锡德拉湾水域附近进行的空战。

锡德拉湾位于地中海中部、利比亚北部海域。1973年10月，利比亚宣布该湾为其“领海”。美国不予承认，多次在该水域附近进行军事演习，并指令演习部队若遇袭击可立即予以还击。利针锋相对，派出飞机进入美军演习区进行空中巡逻，以示保卫锡德拉湾的决心。1981年8月19日上午7时，利空军两架苏-22型战斗机从古尔巴迪空军基地起飞，升高到6 000米改为平飞，以800千米的时速向北直飞美军演习区。美海军E-2C型空中预警机发现目标后，及时通报给从“尼米兹”号航空母舰上起飞正在执行空中巡逻任务的两架F-14型战斗机。美长机接到通报后，很快发现目标，先敌进行转弯机动，与僚机组成疏散队形迎头拦截，相距6 000米时与利双机遭遇。利1号机发现目标后，在尚未占据有利位置的情况下，仓促向美长机发射红外制导空空导弹，导弹偏离目标空爆。美长机摆脱攻击后乘势机动到利2号机后方，利2号机为防备美机发射红外制导导弹，迎着太阳爬高，企图借助阳光摆脱攻击。美长机紧紧跟踪，直到其偏离太阳方向，相距仅1 200米时，发射1枚“响尾蛇”导弹将其击落。利1号机攻击美长机未成功，企图再次转弯攻击美僚机，由于美僚机占据有利位置，加之F-14型战斗机性能优良，转弯半径较小，急转到利1号机尾后咬住不放，抵近时迅即发射空空导弹将其击落。空战历时1分钟，美机以2：0获胜。

此战，美机获胜的主要原因是飞机性能占优，有预警机引导，先敌发现，战术运用得当，掌握了空战的主动权。利比亚失利的原因，除飞机性能劣于美机外，还在于战术失误，密集攻击队形直接影响2号机的机动。 (管有勋)

Meijun Ruqin Gelinnada Kongzhong Zuozhan
美军入侵格林纳达空中作战
(Grenada, Air Operations in U.S. Invasion of) 美国军队于1983年10月武装入侵格林纳达中的空中作战行动。

格林纳达是加勒比海东南部一个岛国，扼守加勒比海通往大西洋的航道，战略地位重要。1979年，格林纳达发生武装政变，推翻亲美政权，并在苏联、古巴帮助下修建可供战斗机起降的机场。美国担心该机场建成后将威胁到其加勒比地区的利益和海上运输线的安全，不断对格施加压力。1983年10月，格再次发生军事政变。美利用格政局动荡不稳之机，以应加勒比海国家紧急要求和护侨为由，制订武装入侵格林纳达的“暴怒行动”计划。由J.梅特卡夫中将担任联合指挥部司令，派出地面部队8 000人、海空军1万人，出动航空母舰2艘、其他舰船13艘，飞机230架。格林纳达仅有陆军2 000人。21～23日，美海军“独立”号航空母舰编队和“关岛”号两栖攻击舰编队隐蔽驶往格岛海域，在该岛周围50海里范围内建立海空封锁区。24日，美军用运输机和直升机将部分地面部队军事装备隐蔽运往前进基地。25日拂晓，美军在格岛东北部和西南部同时发起突袭。在东北部，两栖攻击舰编队所载的海军陆战队乘CH-46型直升机机降和登陆艇上陆，仅用2小时就控制珍珠机场，随后占领机场南面的格伦维尔兵营，并派出部分兵力沿格岛北岸绕至西岸的大马尔湾登陆，配合空降小分队营救被软禁的英总督P.斯库恩。在西南部，从“独立”号航母上起飞的A-6、A-7型攻击机对萨林斯角机场实施火力压制，掩护美特种部队和第82空降师各2个营在机场上空实施空降。空降部队控制机场后兵分两路向圣乔治推进。其间，攻击机以猛烈的轰炸和扫射支援地面部队作战。格林纳达军队大部溃散，帮助修建机场的数百名古巴人进行顽强抵抗。26日，美军攻占格军要塞弗雷德里克堡。27日，攻占军事要地里奇蒙山监狱。28日下午，经激烈巷战后占领首都圣乔治城。此后，美军又对撤退到中、北部山区开展游击战的格军和古巴人进行扫荡。11月2日，战斗结束。在入侵作战中，美军直升机被击落4架，击伤5架。

此役是美军以空中力量为主、多军兵种协同进行的一场低强度战争。战前准备充分，有效地实施空中封锁，控制了格林纳达的领空；空降兵和特种作战部队空降后，快速突击，速战速决；美空军进行了有效的航空火力支援，发挥了现代诸军兵种合同作战的综合威力。

(管有勋)

Meijun Kongxi Libiya
美军空袭利比亚 (Libya, U.S. Air Attacks on) 美国军队于1986年3～4月对利比亚实施的两次空袭作战行动。

1969年，O.M.AI-卡扎菲发动政变并出任利比亚革命指挥委员会主席后，收回美在利比亚的空军基地，废除与美签订的军事和技术协定。1981年，美利断交。1985年6月，美环球航空公司1架飞机被劫持。同年12月，罗马、维也纳等地相继发生针对美国的恐怖事件。美指责利组织恐怖活动，决定实施报复性打击。1986年3月14日，美制定“草原烈火”行动计划。24日11时30分，美军3艘战舰和100多架飞机以“自由通航演习”为名，在锡德拉湾全线展开，越过利宣布的北纬32°30′“死亡线”，引诱利军首先开火，而后对利军导弹阵地和导弹艇实施攻击。24日下午，利防空部队先后向美机发射6枚SA-5、SA-2地空导弹，无一命中目标，起飞2架战机遭拦截返回。21时26分，美机开始对利实施空袭，A-6型攻击机使用“鱼叉Ⅱ”反舰导弹和“石眼”集束炸弹攻击利导弹艇，A-7型攻击机使用“哈姆”反辐射导弹




遭空袭后的利比亚机场

突击利地空导弹阵地，击沉导弹艇5艘，摧毁2个SA-5导弹阵地。

经过这次武装冲突，美、利关系急剧恶化。4月2日，美1架民航客机从罗马飞往雅典的途中发生爆炸，4名美国人丧生。5日，西柏林一家夜总会发生爆炸，45名美军官兵伤亡。美认为这些恐怖活动均是利比亚人所为。9日，美决定出动海空军精锐力量，对利军事目标实施第二次空袭，代号为“黄金峡谷”行动。14日19时13分开始，80余架美机从英国的空军基地和地中海的两艘航母上起飞。从15日1时50分开始，4架EF-111A和4架EA-6B型电子干扰机在的黎波里和班加西外海对利地面雷达和通信系统进行强电子干扰，使目标区200千米范围内利方雷达迷盲。从1时54分开始，6架F/A-18型飞机每机携带6枚“百舌鸟”反辐射导弹，借助电子干扰机的掩护，超低空掠海飞行，抵达的黎波里和班加西外海，引诱利警戒雷达和导弹制导雷达开机，然后发射导弹予以摧毁。从英国拉肯希斯机场起飞的F-111F型飞机，经4次空中加油，经直布罗陀海峡进入地中海，飞向的黎波里。从2时开始，在电子干扰及空中掩护飞机支援掩护下，F-111F和A-6E型飞机先后对利5个军事目标发起突击。在空袭中，对不同目标使用了不同型号炸弹，对阿齐齐耶兵营卡扎菲的住宅小楼及西迪比亚海港使用激光制导炸弹，对班西加“民众国”兵营预备指挥所使用减速炸弹，对两个机场使用集束炸弹。空袭行动持续11分钟，投弹约100吨，炸毁了卡扎菲的住宅小楼，炸死其养女，炸伤其两个儿子，卡扎菲幸免于难；摧毁了2座机场、1个港口、1个训练基地；炸毁14架飞机，炸死、炸伤700多人。美军被击落1架飞机。

美军空袭利比亚的特点是：主要对军事目标进行“外科手术”式打击；周密计划，统一指挥，集结大量舰只、飞机，形成对利作战绝对优势；使用先进的电子战飞机，反辐射导弹和激光制导炸弹等精确制导武器，掌握战区制海、制空权和制电磁权；袭击时间短促，完成任务后迅速撤离。

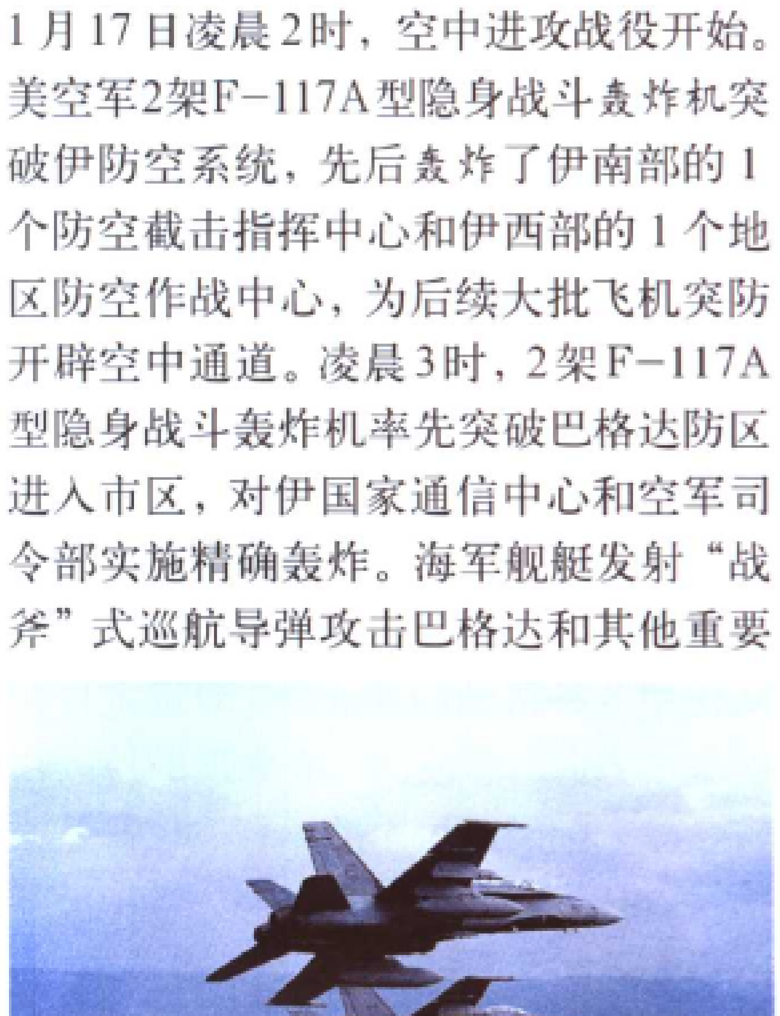
（张钦贞　管有勋）

Shamo Fengbao Xingdong
“沙漠风暴”行动　（“Desert Storm”）
以美国为首的多国部队于1991年1月17日～2月23日对伊拉克的空中进攻战役。海湾战争的重要组成部分。

伊拉克1990年8月入侵科威特后，拒不执行联合国安理会要求其撤军的决议。美国以执行联合国决议的名义组成多国部队，决定用武力将伊拉克逐出科威特，由此爆发海湾战争。战争分为3个阶段：第一阶段代号“沙漠盾牌”，多国部队向海湾地区实施快速部署，进行战前准备；第二阶段代号“沙漠风暴”，多国部队出动空中力量对伊拉克实施空中进攻战役，夺取和保持制空权，摧毁伊拉克的核、生物、化学武器，主要军工厂、军事设施和军事力量，瘫痪伊军指挥系统，瓦解科威特境内伊军，为地面部队进攻创造条件。是海湾战争的主要阶段；第三阶段代号“沙漠军刀”，多国部队实施大规模地面作战，将伊拉克军队逐出科威特。

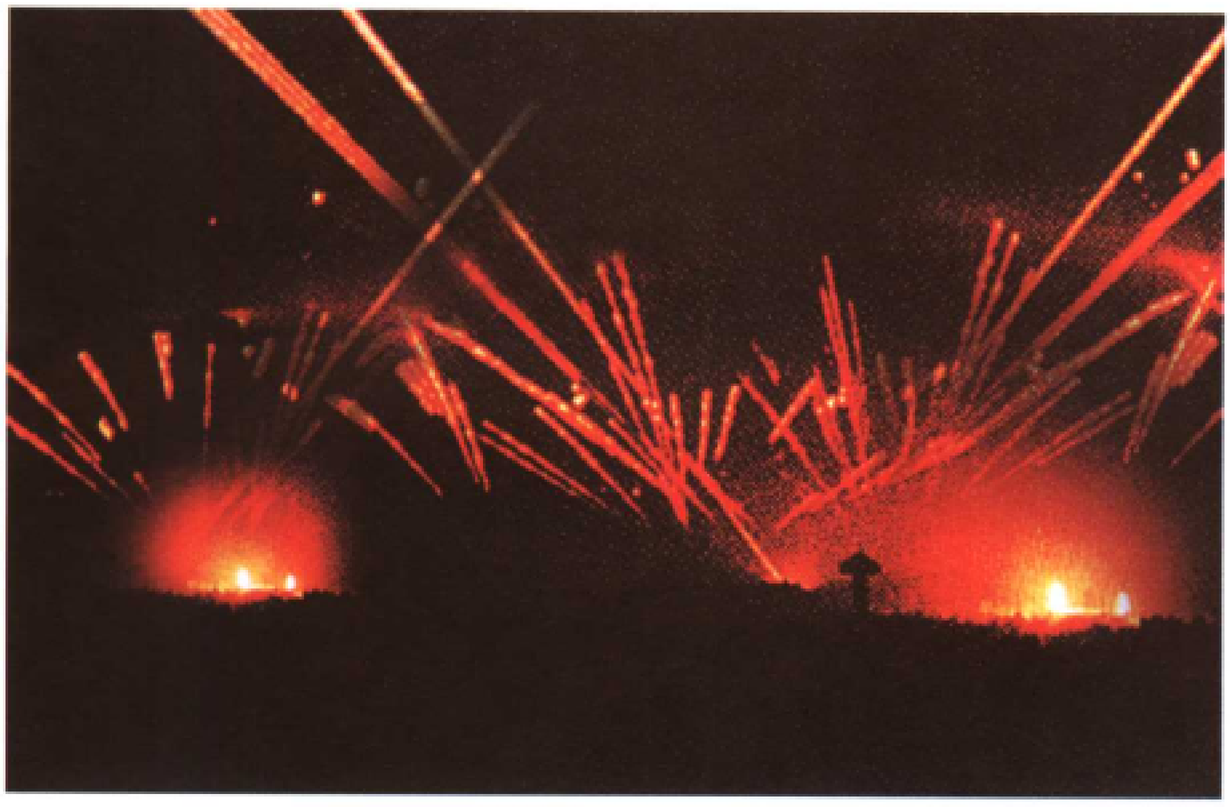
空中进攻战役实施前，多国部队在海湾地区部署的各型作战飞机共2 500余架，主要有F-111、F-117A、F-15、F-16、F/A-18、B-52G等型飞机。伊拉克拥有各型作战飞机750余架，主要有米格-23、米格-25、米格-29、苏-24等型飞机，地面防空武器有SA-2、SA-3、SA -6等型地空导弹和37、57毫米高射炮。多国部队的装备在数量、质量上均占绝对优势。

战役开始前，美陆军首先使用阿帕奇直升机攻击伊前沿雷达阵地。1991年1月17日凌晨2时，空中进攻战役开始。美空军2架F-117A型隐身战斗轰炸机突破伊防空系统，先后轰炸了伊南部的1个防空截击指挥中心和伊西部的1个地区防空作战中心，为后续大批飞机突防开辟空中通道。凌晨3时，2架F-117A型隐身战斗轰炸机率先突破巴格达防区进入市区，对伊国家通信中心和空军司令部实施精确轰炸。海军舰艇发射“战斧”式巡航导弹攻击巴格达和其他重要


多国部队战斗机出动



多国部队战斗机投弹



巴格达遭多国部队夜间空袭

目标。此后，非隐身飞机突击编队进入伊拉克境内实施轰炸。7架B－52型战略轰炸机从本土起飞，向伊发射35枚AGM－86C巡航导弹，攻击伊通信站、电厂、输电设施和预警中心等8个目标。在多国部队强烈的电子干扰和猛烈的空中打击下，伊防空指挥失灵，武器系统未能发挥作用。开战第1周，伊军平均每天仅有30架飞机升空作战，此后几乎没有抗击。11天后，多国部队完全掌握制空权。第3周后，空中行动的重点转入科威特战区。在空中进攻中，多国部队使用各种精确制导武器，对选定目标实施多方向、多波次、高强度的持续攻击，极大削弱了伊军的指挥、控制、通信、情报能力和反击能力，使伊军前沿部队损失近50%，后方部队损失约25%，为开辟地面战场做好了准备。同时，多国部队的空中力量还对伊军进行牵制，阻止伊境内部队南调增援。空中进攻战役持续38天，多国部队共出动各型飞机11.2万架次，投弹9万吨，发射“战斧”巡航导弹288枚、空射巡航导弹35枚。伊拉克损失飞机324架。多国部队损失飞机63架。

“沙漠风暴”行动的主要特点是：①重视首次空袭，利用夜袭首先摧毁敌前沿预警系统和指挥控制中心，达成了战役战术的突然性。②对多国部队空中力量实施统一指挥，集中使用，协同作战，最大限度地发挥整体作战效能。③兵力多、规模大、昼夜不停、连续打击。④广泛使用各种新式武器，提高了空中突击威力。F－117A型隐身战斗轰炸机出动架次只占飞机出动总架次的1.16%，但所攻击的目标却占攻击目标总数的40%；使用精确制导武器，命中概率均在80%以上。⑤充分发挥以空间卫星侦察和C³I系统为核心的信息系统的作用。

（管有勋）

Shamo zhi Hu Xingdong

“沙漠之狐”行动 （“Desert Fox”）

美国、英国军队于1998年12月17～20日以伊拉克拒绝与联合国武器核查小组合作为由，对伊拉克实施的空袭行动。

战前，美军在海湾地区部署有“企业”号航空母舰作战大队及舰艇22艘，兵力4.1万余人，各型飞机200余架。空袭次日，“卡尔·文森”号航母作战大队，包括各型舰艇6艘、舰载机80架，驶抵海湾增援。英军部署在海湾地区的兵力1 100余人，作战飞机18架，舰艇2艘。空袭行动分为4轮：第1轮空袭从12月17日凌晨开始，持续4个多小时，分为2个波次。第1波次，从位于波斯湾北部的8艘导弹巡洋舰和导弹驱逐舰上发射约200枚“战斧”式巡航导弹；第2波次，从“企业”号航母上起飞70架次F－14B和F/A－18C型战斗机，主要对巴格达附近及伊拉克西南部50多个目标进行攻击。第2轮空袭从17日夜至18日凌晨，持续近7个小时，分为5个波次。第1波次，海军发射约50枚“战斧”巡航导弹；第2波次，英军“狂风”式战斗轰炸机使用激光制导炸弹进行攻击；第3波次，由从迪戈加西亚岛上起飞的6架B－52轰炸机发射约45枚AGM－86C巡航导弹；第4波次，2架B－1B型轰炸机从巴林起飞，在F－14、F/A－18型战斗机和EA－6B型电子战飞机的掩护下，各投下24枚MK82型炸弹；第5波次，F－14B舰载机使用激光制导炸弹实施攻击。第3轮空袭从19日凌晨开始，由美英空海军联合实施，持续2个半小时。海军舰艇发射39枚“战斧”巡航导弹。6架B－52轰炸机发射45枚AGM－86C巡航导弹。2架B－1B型轰炸机使用MK82炸弹空袭。海军出动F/A－18C战斗机，英空军12架“狂风”战斗轰炸机参加了空袭。第4轮空袭于19日夜间至20日凌晨进行，“卡尔·文森”号航母作战大队加入攻击行动。2艘战舰发射36枚“战斧”巡航导弹，舰载战斗机和英空军4架“狂风”式战斗轰炸机参加了空袭。

“沙漠之狐”行动持续70个小时，出动各型作战和保障飞机650余架次，向伊拉克境内发射“战斧”式巡航导弹325枚、AGM－86C巡航导弹90枚，投掷各种炸弹600余枚，其中激光制导炸弹230枚，对伊拉克境内的防空系统、通信枢纽、空军基地、共和国卫队营地、工厂和武器库



英军使用的“狂风”式战斗轰炸机



美军使用的B－1B轰炸机



美军使用的F－14战斗机

等120余个目标实施了攻击，97个目标被击中，43个目标被严重摧毁，42个目标受到中等程度破坏，12个目标被轻度破坏，达到了削弱伊核、化学、生物武器能力的目的，参战人员无一伤亡。伊军伤亡200余人。空袭期间，伊军除动用防空炮火进行射击外，未起飞作战飞机和发射雷达制导的地空导弹。

“沙漠之狐”行动的主要特点是：①以巡航导弹为主战兵器，实施远程打击。②依靠前沿部署的兵力发起攻击，增强了空袭的突然性。③首次将具有隐身性能的B－1B型战略轰炸机用于实战。④空海军导弹与飞机联合突击，以海军为主。

（管有勋）

Beiyue Kongxi Nanlianmeng

北约空袭南联盟 (Yugoslavia, NATO Air Attacks on) 以美国为首的北大西洋条约组织空中力量于1999年3月24日～6月10日对南斯拉夫联盟共和国的空袭作战行动。代号“联盟力量”。

南联盟塞尔维亚共和国科索沃地区的阿尔巴尼亚族和塞尔维亚族结怨深久。进入20世纪90年代后，科索沃地区接连不断爆发较大规模的流血冲突。以美国为首的北约推行欧洲“北约化”和“东扩”战略，支持阿族民族主义分子的分离倾向，阻止南联盟政府在科索沃行使主权，企图由北约对科索沃实施“军事托管”，进一步控制巴尔干地区，并削弱南联盟综合国力。1999年3月24日，北约借口维持科索沃地区和平和“制止人道主义灾难”，开始对南联盟发动大规模空袭。参加空袭的有美国、英国、法国、德国、意大利、加拿大、西班牙、荷兰、土耳其、葡萄牙、丹麦、挪威、比利时13个国家。先后集中B－2、B－52、F－117A、F－15、F－16、F/A－18等型飞机1 200多架，另有103架武装直升机。南联盟总兵力11.4万人，装备米格－21、米格－29等型作战飞机240架，SA－2、SA－3、SA－6型地空导弹发射装置100余部，导弹约3 000枚，各种高射炮1 850门。空袭分4个阶段：

第一阶段(3.24～27) 北约采取空中打击为主，地面威慑为辅的作战方针，重点空袭南联盟防空体系、空军基地、指挥系统、通信中心，以及部署在科索沃的南联盟军事力量，并夺取制空权。南联盟采取全民动员、保存实力、长期抗战、以拖待变的方针，使用机动、干扰、伪装、疏散、隐蔽和防护等手段，尽力保持“抗击权”，并在科索沃实施“马蹄铁”计划，对阿族的“科索沃解放军”发动地面进攻，迫其退至西南部地区。

第二阶段(4.1～25) 北约将空袭的目标扩大到南联盟军工厂、炼油厂、公路、铁路、桥梁和国家、军队的重要目标。南联盟防守措施得力，机动作战力量保存较好，但基础设施被毁严重，人民生活受到严重影响。

第三阶段(4.26～5.24) 北约全面打击南各种军事目标、基础设施以及国家的广播电视系统、内政部、国防部、空军与防空军司令部、总统官邸等重要目标，并两次使用碳纤维弹破坏电力设施。南联盟开始寻求政治解决途径。5月8日，美空军出动1架B－2型隐身轰炸机，发射5枚卫星制导的“联合直接攻击弹药”，袭击中国驻南联盟大使馆，致3人死亡，20多人受伤，馆舍严重损坏。

第四阶段(5.28～6.10) 为空袭的最后阶段。北约继续加大打击力度，每天出动飞机达600～800架次，以配合俄罗斯联邦、欧盟、美国3方斡旋以及与南联盟军事代表团的谈判，最大限度地削弱南作战实力和战争潜力。南联盟难以继续抗击，决定做出实质性让步，基本接受“和平计划”。6月20日，南联盟从科索沃撤军完毕，北约宣布终止空袭行动。

在持续78天的战争期间，北约共出动各型飞机3.5万多架次，其中直接执行打击任务的1.2万多架次，发射各型导弹约1.6万枚(含“战斧”和AGM－86C巡航导弹300多枚)，投弹近1.3万吨，对南联盟50多座城市、120个乡镇、15个国家级设施等1 000多个军、民用目标实施多轮多波次轰炸。共摧毁南联盟飞机约100架、坦克约100辆、火炮约300门、装甲车约100辆、指挥所20个、军用机场4个、防空阵地约100处，以及57%的油库和30%的弹药库。南联盟600余名军人阵亡，2 000多名平民死亡，6 000多人受伤；工业和基础设施遭重大破坏：121个工矿企业、22个炼油厂、60座桥梁、23个火车站和机场、30多家医院及保健中心、400多所学校遭严重毁坏。北约对南联盟基础设施的狂轰滥炸，造成南联盟断水、断电、断交通、断能源，给南联盟人民的生活造成极大困难；南经济损失达2 000多亿美元。北约在空袭中使用的贫铀弹和集束炸弹对该地区的生态环境造成严重破坏。南联盟对北约空袭进行了顽强的抗击，击落美军1架F－117型隐身战斗轰炸机和数十枚巡航导弹，这是

世界上首次击落隐身飞机。

北约空袭南联盟是历史上首次以空袭作战决定战局的战争，空袭的主要特点：①以美国为首的北约部队拥有绝对的制空、制天、制海、制信息权，并联合实施“飞机－导弹一体化”空袭作战，分阶段、按波次，从多方向进行多手段、多方式、全距离连续打击。②信息攻击、隐形突防、远程精确打击、高空轰炸等成为空袭作战基本战法。③大量使用新一代精确打击武器和装备，实施高技术、高效能突击，首次使用B－2型隐身轰炸机和联合直接攻击弹药，以及联合防区外武器、电磁脉冲炸弹和碳纤维炸弹等，精确制导武器使用量占全部投弹数的35%以上。④空袭中首次实现了航空、航天、指挥控制、侦察、监视和情报的一体化。

南联盟防空作战的主要特点：①坚持“以防为主，以打为辅”防空作战指导思想，减少空袭损失，力争“抗击权”。②发挥人和武器的潜力，各种防空兵器混合配置，取长补短。③使用灵活多变的反侦察、反空袭措施，提高生存能力。④采取各种防护措施，分散部署，尽力保存实力。⑤利用本土作战的有利条件，制定有效战法，积极抗击。

（姚　卫）



北约空袭南联盟示意图

Meijun Kongxi Afuhan

美军空袭阿富汗　(Afghanistan,U.S. Air Attacks on)　美国军队于2001年10月7日～2002年3月以打击“9 · 11”事件的幕后策划者恐怖分子头目本 · 拉登为由，对阿富汗塔利班武装力量和拉登的“基地”恐怖组织实施的空中打击行动。是阿富汗反恐战争“持久自由”行动的重要组成部分。战前，美国及其盟国在阿富汗周边地区部署兵力8万人(其中美军5万人)、5个航母作战大队、4个两栖作战大队及500多架飞机。空袭分为4个阶段，前3阶段持续实施空中火力打击。①10月7～13日，主要摧毁阿塔利班的战略目标和防空设施，包括阿总统府、国家广播电视大楼、机场、指挥中心、防空系统、油库、弹药库和大型军事基地等。②10月14～18日，重点袭击阿战役战术目标，包括阿训练基地、军事设施、军队集结地及前沿阵地等，为阿北方联盟进攻扫清障碍。③10月19日～12月7日，主要以空中火力直接突击塔利班武装指挥所、装甲车辆、火炮阵地、堑壕和人员隐蔽洞穴、坑道等，摧毁其武器装备，杀伤有生力量，直接支援地面部队作战。④12月8日以后，为第4阶段，塔利班政权垮台，坎大哈等主要城市被占领。美军空袭行动进入“火力围剿”阶段，配合地面部队搜捕塔利班和“基地”组织残余分子。2002年3月，大规模空中打击行动基本结束。

此役，美军出动B－2、B－1B、B－52型战略轰炸机，F－14、F－15、F/A－18型战斗机和战斗轰炸机，AC－130型特种作战飞机和直升机共5 000多架次，投掷和发射各种炸弹、导弹1.2万多枚，其中60%以上是精确制导弹药，包括卫星制导联合直接攻击弹药、风力修正弹药子母箱、GBU－28型激光制导侵彻炸弹、BLU－82型云爆弹、BLU－118B型热压炸弹等。美军对阿富汗的军事打击，推翻了塔利班政权，基本上摧毁了“基地”组织在阿富汗的网络。空中打击是取得这场战争胜利的关键。

（陆文至）

Di-er Ci Zhongdong Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第二次中东战争空中作战　(Air Operations in the Second Middle East War)　英国、法国和以色列于1956年7月对埃及发动“苏伊士战争”中的空中作战行动。

苏伊士运河是埃及境内一条国际通航运河，是连接欧洲、亚洲、非洲的要道，战略位置重要。1882年，英国派兵占领埃及。1956年6月，英军撤离埃及后，苏伊士运河仍为英、法控制。7月26日，埃及政府宣布将苏伊士运河公司收归国有，禁止以色列船只通行。英、法、以色列以此为借口，联合向埃及发动进攻，企图重新控制运河。

10月29日17时，以军第202伞兵旅在法国空军的支援下，利用埃军在西奈中部地区的防御弱点，向西奈半岛发起进攻。31日下午，英、法军从地中海航空母舰及马耳他、塞浦路斯的基地起飞240多架“堪培拉”、“毒辣”、“英俊战士”和“雷电”式飞机，对埃及15个机场、部分军营和开罗、亚历山大、塞得港、伊斯梅利亚、苏伊士等城市的重要经济、交通设施进行轰炸。11月2日起，英、法飞机改为低空突击。在丧失制空、制海权情况下，拥有250余架作战飞机的埃及空军遭到毁灭性打击。5日拂晓，英军第16空降旅约600人、法军第2空降团约500人在塞得港和福阿德港地区实施空降，并从运河北端航空母舰上起飞直升机空运部队实施机降。6日，英、法登陆部队2.2万人占领塞得港和福阿德港。深夜，登陆部队沿苏伊士运河南下，遭埃军抵抗。埃及利用美、苏与英法之间的矛盾，在世界人民的声援下，迫使英、法、以于6日夜同意停火和撤军。整个战争中，英、法军对埃及的轰炸持续6天，埃及损失飞机215架，以军损失飞机约20架，英、法损失飞机5架。12月22日，英、法军全部撤出埃及。次年3月，以军撤出加沙地区和西奈半岛，

但取得通过蒂朗海峡的航行权。联合国维和部队进驻加沙和亚喀巴湾沿岸地区。

此役，英、法军出其不意实施空袭行动，正确选择空袭时机和突击目标，运用空袭、空降、登陆相结合战术，在较短的时间内基本达成战役目的。

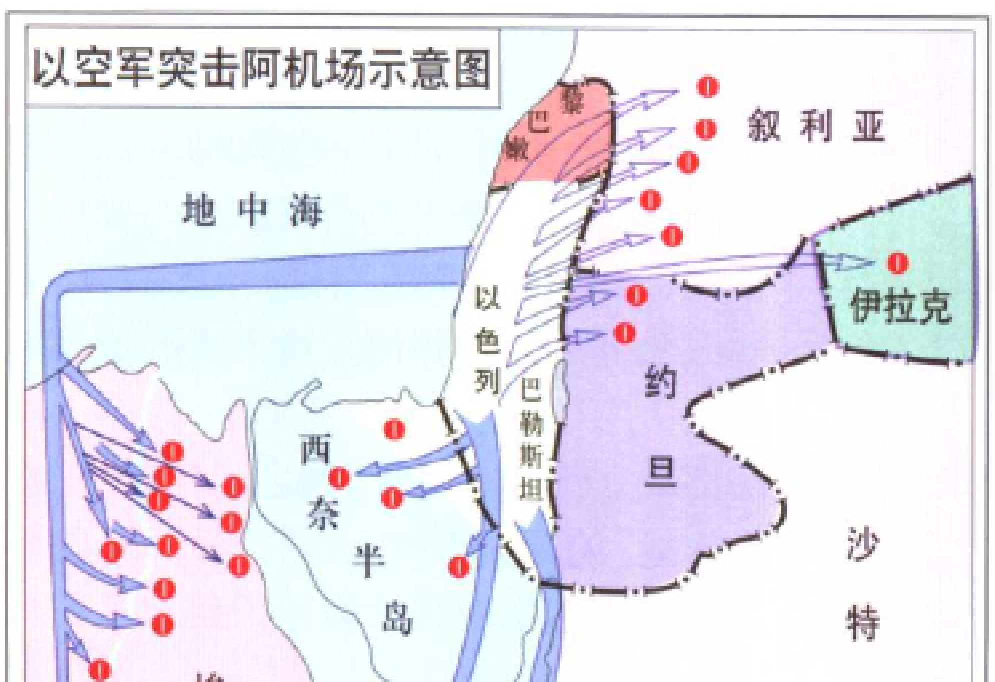
（沈威力）

Di-san Ci Zhongdong Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第三次中东战争空中作战 (Air Operations in the Third Middle East War) 以色列军队于1967年6月5日对阿拉伯国家发动的空中作战行动。又称“六· 五战争”。

1967年6月，以色列借口埃及封锁亚喀巴湾，对埃及、叙利亚、约旦等阿拉伯国家发动突然袭击。战前，以空军兵力8 000人，作战飞机273架。埃及、叙利亚和约旦3国空军兵力共计1.95万人，作战飞机562架。5日7时45分，以空军战斗机同时对埃及9个机场实施第一次突击，对每个机场分3个攻击波次，每波次由4～8架飞机组成。第1波采取单机跟进、沿跑道方向进入的方法，实施低空水平投弹，使用混凝土穿透炸弹破坏机场跑道，使埃及飞机无法起飞。而后，突击编队再用航炮、火箭攻击机场上的飞机。第2、第3波分别于7时55分和8时05分实施突击。首次突击后，埃空军能用于空战的飞机基本被消灭。第二次突击于8时15分开始，范围扩大到埃及北部驻有图－16、伊尔－28型轰炸机和苏－7型歼击轰炸机的巴尼苏韦尔、曼苏拉、赫勒万、阿勒马扎、米尼亚、比勒贝斯机场和开罗国际机场。突击持续3小时，取得决定性战果，埃空军主力被消灭。第三次突击于17时15分到18时进行，目标是加尔达卡、巴纳斯、卢克索尔3个机场。巴纳斯、卢克索尔机场位于埃及最南端，躲过前两次突袭的飞机多数集中在该处，以空军使用老式“秃鹰”飞机，从本土最南边的纳泽里姆机场起飞，采用关闭一台发动机，保持单发飞行的方法，超越极限航程，成功突击了这两个机场。全天共突击埃及19个机场，约300架埃机被毁于地面。同时，对埃军的雷达阵地和地空导弹阵地也实施了突击。12时45分～15时45分，以空军还以部分兵力相继突击约旦、叙利亚和伊拉克3国的8个机场，基本消灭约、叙空军主力。以空军在战争第1天共出动飞机490架次，一举夺得制空权。开战后60小时内，被突击的阿拉伯国家损失飞机440余架，其中埃及350余架，叙利亚50余架，约旦约20架，伊拉克10余架。以空军损失飞机26架。

6日，以空军主力转入支援突入西奈半岛的地面部队作战。7日起，使用已占领的阿里什机场，突击在米特拉山口和从吉夫加法到伊斯梅利亚公路上的埃及装甲部队。为节约燃料，增加在目标上空的活动时间，以机多从高空飞抵战区，通常从太阳方向进入，实施俯冲轰炸射击，攻击埃装甲部队。仅6日一天，以空军就协同地面部队击毁埃军坦克数百辆，汽车上千辆。至8日，以军全歼埃军在西奈半岛上的5个师，占领西奈半岛。



以空军突击阿机场示意图

9、10日，以空军支援进攻戈兰高地的地面部队，主要遂行压制叙军火炮和装甲部队任务。之后摧毁戈兰高地的钢筋混凝土掩体和碉堡。10日晚，以军地面部队在空军支援下，突破叙军防线。占领戈兰高地后宣布停火。

此次战争，以色列占领加沙地带、埃及的西奈半岛、叙利亚的戈兰高地和约旦河西岸地区共约6.5万平方千米的土地。以空军作战的主要特点是：①巧妙选择突击时间，达成空中袭击的突然性。空袭时间选在星期一7时45分，此时埃及巡逻飞机已经返航，雷达操纵人员正在交接班，军官也在上班的途中，同时尼罗河三角洲和苏伊士运河上空雾消天晴，能见度转好。②隐蔽出航，采取大迂回航线。为避开对方雷达监视，以空军突击机群利用萨马里山和朱第安山的遮挡，向西超低空出航；在地中海上空，取大致平行埃及北海岸的航向，飞行高度保持在10～50米；飞过尼罗河三角洲北部海域之后，突然转向东南，从埃及防空薄弱的侧后方进入目标，实施攻击。③提高飞机维护质量，把再次出动的准备时间缩短到7分半钟以内，保证达到最高的出勤率和战斗出动强度。④集中兵力突击主要目标。以空军200余架作战飞机参加首次突击，仅留12架战斗机作为首都防空和预备兵力；为集中兵力摧毁埃及作战飞机和机场跑道，不编配护航飞机，尽量避免空战。阿拉伯国家空军失败的主要原因是：对以色列发动战争估计不足，战略指导错误，战备松懈；防空部队未进行有效反击，飞机没有进行疏散隐蔽，战争爆发时没有发挥应有的作用。

（沈威力）

Di-si Ci Zhongdong Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第四次中东战争空中作战 (Air Operations in the Fourth Middle East War) 埃及、叙利亚等阿拉伯国家空军、防空军与以色列空军于1973年“十月战争”中的空中作战行动。

1973年10月，埃及、叙利亚为收复失地，摆脱美国、苏联造成的“不战不和”局面，向以色列开战。战前，埃、叙空军共有作战飞机880余架，主要包括米格－21、米格－17型歼击机，苏－7型歼击轰炸机，以及少量图－16和伊尔－28型轰炸机。为夺取和保持制空权，埃、叙加强防空部队建设，建成一支有效的对空防御力量。在作战部署上，以地空导弹为主，各型地空导弹与高射炮密集部署，混合配置，形成一个高、中、低空和远、中、近程相结合的防空体系。埃及在苏伊士运河西岸正面90千米、纵深30千米的地域内，配置了62个SA－2、SA－6地空导

弹营，200枚SA-7地空导弹，300多门高射炮；叙利亚在戈兰高地正面50千米、纵深30千米的地域内，配置了36个SA-2、SA-6等地空导弹营，160枚SA-7地空导弹和200门高射炮。伊拉克、约旦等阿拉伯国家也派部队或飞机参战。以色列空军兵力1.5万人，作战飞机360余架。主要包括F-4E、A-4和“幻影”3CJ型战斗机。

6日14时，埃、叙地面部队在空军的配合下分别从西奈半岛和戈兰高地两个方向同时发起进攻，突破以色列防线。在西奈战线，埃空军于地面部队强渡苏伊士运河前15分钟开始航空火力准备，出动200余架作战飞机，袭击以军指挥中心、前进指挥所、前沿工事、雷达、通信枢纽、机场以及战术纵深内以军集结地域，有力支援了渡河作战。渡河后，埃空军基本上转入隐蔽待机，主要靠地面防空兵器抗击以空军。在戈兰高地战线，叙空军于地面进攻发起前出动大批飞机，攻击以军阵地，进行航空火力准备。进攻发起后，再次攻击以军集结地域、指挥所和通信设施。地面部队突破以军防线后，空军即转入支援纵深战斗。战争中，伊拉克还出动歼击轰炸机，在戈兰高地战线支援叙地面部队。战争初期，埃、叙以严密的防空火力，有效掩护了地面军队的作战行动，一度掌握战区制空权。

第一线以军遭到埃、叙军队突然袭击陷入困境。以空军在装甲部队和炮兵预备队到达前，首先用于直接支援坚守防御的地面军队，掩护其免遭埃、叙空军的突击。在西奈半岛，以飞机在开战26分钟后飞临运河上空，突击埃军地面目标，迟滞其进攻。在戈兰高地战线，以空军主要攻击叙军的坦克，迟滞叙军的进攻。当日，以空军在未有效压制阿方对空防御火力的情况下，对陷入困境的一线防御部队提供空中支援，遭到阿方防空火网沉重打击，在西奈半岛上空损失飞机10余架，在戈兰高地上空损失飞机40架。7日拂晓，以空军出动68架飞机，突击埃及7个机场，试图将埃空军飞机摧毁于地面，夺取制空权。由于埃空军修建了坚固的飞机掩蔽库，并加强对空防御，以空军收效甚微。以对埃、叙强大的对空防御估计不足，缺乏有效对策，战争前3天被击落80余架飞机。

8日起，以空军主要用于压制叙军地空导弹群，并采取许多针对性很强的对策。通常先用“百舌鸟”反辐射导弹摧毁叙军地空导弹制导雷达，而后用炸弹、火箭和航炮摧毁叙军阵地上的导弹发射装置。经过激烈的压制作战，叙军部署在戈兰高地的地空导弹阵地约半数被摧毁。同时，以军为减轻在戈兰高地的压力，轰炸叙首都大马士革及其他后方目标，迫使叙军将地空导弹部队从戈兰高地撤回后方。以空军付出沉重代价后，终于夺得戈兰高地制空权。而后主力再转向西奈半岛，先后6次集中对埃军地空导弹阵地实施压制行动。14日，以空军在西奈半岛坦克大会战中，击毁大量埃军坦克，其中装备反坦克导弹的武装直升机作用突出。在抗击埃军第3装甲旅向米特拉山口的进攻中，18架武装直升机击毁该旅近半数坦克。15日晚，以军沙龙师利用夜暗掩护从运河和大苦湖埃第2、第3军团接合部实施大纵深穿插突击，16日凌晨首先攻击埃军地空导弹阵地，渡河后2天捣毁16处埃军地空导弹阵地，使埃军对空防御体系出现缺口。以空军利用地面军队创造的有利条件，摧毁约40处地空导弹阵地，夺取战区制空权。

22日，埃军已丧失主动地位，不得不接受联合国的停火建议。24日，叙利亚也宣布停火。在历时18天的战争中，阿以双方大量使用航空兵，共出动飞机2.4万架次，以空军损失飞机110架，埃空军损失260架，叙空军损失130架，其他阿拉伯国家空军损失50余架。

此次空中作战特点是：①运用多种方式争夺制空权。战争初期，阿方利用密集的地面防空网掌握战场制空权，以方则使用航空兵压制防空体系，空袭敌后方和地面部队捣毁敌防空阵地的方法夺取战场制空权。②航空兵首先用于支援地面军队作战。③大量使用地空导弹，航空兵与防空兵器对抗激烈。④电子对抗成为重要的作战方式。（沈威力）

Yijun Tuxi Beilute Jichang

以军突袭贝鲁特机场（Israeli Surprise Attack on the Beirut Airport） 以色列空军于1968年12月29日机降突击黎巴嫩贝鲁特机场的战斗行动。12月26日，阿拉伯游击队在雅典袭击1架以色列航空公司波音-707型客机。以色列决定袭击贝鲁特机场实施报复。29日21时30分，以空军出动8架“超黄蜂”式直升机，载运160名突击队员，利用夜幕沿地中海东岸海面向北作超低空飞行，隐蔽侵入贝鲁特机场。黎方疏于戒备，对以军的行动毫无察觉。直升机降落后，突击队员冲向机场大楼，向停在楼前的民航飞机猛烈开火，击毁各型运输机13架(其中包括中东航空公司的1架波音707型客机)。机场守备部队遭受突然袭击，未能组织有效抵抗。45分钟后，突击行动结束，突击队乘直升机成功返回以色列。

（陆文至）

Leidian Zuozhan Xingdong

“雷电作战”行动（“Thunderbolt Operation”） 以色列空军于1976年7月3日远程奔袭乌干达恩德培机场，抢救人质的机降战斗行动。

6月27日，4名恐怖分子在希腊首都雅典劫持1架从以色列特拉维夫飞往巴黎的法航A-300B型客机。除劫机者外，机上共有241名乘客(其中以色列人93名)和12名机组人员。被劫飞机在索马里摩加迪沙短暂停留时，又有6名恐怖分子携带武器弹药登机。飞机于28日降落到乌干达首都坎帕拉的恩德培机场。劫机者提出，用机上人质交换被关押在以色列等国的53名巴勒斯坦游击队员。

乌干达位于非洲腹地，距以色列近4 000千米，中间隔着埃及、苏丹、索马里、埃塞俄比亚等国，几乎都是以色列的敌对国家。为营救人质，以色列立即成立应急指挥部。首先，以公开的外交方式与劫机者谈判，争取到在7月1日前释放了148名非以色列人质，并使交换人质的最后期限由7月1日延长至7月4日；随后，国防部成立营救突击队，制定了代号为“雷电作战”的武装营救人质行动计划，并将突击队迅速集中到沙姆沙伊赫空军基地进行模拟突击演习。

3日15时，280名突击队员乘4架C-130型运输机陆续从以南部起飞，执行营救人质任务，8架F-4E型战斗机负责护航，1架KC-130型加油机负责为战斗机空中加油，2架波音707型飞机分别作为空中指挥机和战地临时医院。为避免“侵犯领空”引起事端和过早暴露，编队超低空沿红海向东南方向飞行，到达吉布提附近进入非洲大陆上空，至埃塞俄

比亚与索马里边境交界处，再沿两国边境飞行，从肯尼亚(该国表示愿意合作)进入乌干达。所经国家均未发现这支神秘编队。经过7个多小时飞行后，22时45分到达恩德培机场上空。此时先行到达的空中指挥机已在恩德培机场南面8 000米高空盘旋，以空军司令佩莱德在机上指挥此次行动。23时，4架运输机依次着陆。劫机者和乌干达守军对突击队的到来毫无察觉。以突击队分为5组，其中1个组为指挥组，4个组为作战分队，第1组负责解救关押在旧候机楼中的人质；第2组负责压制乌干达部队，治疗伤员，抢运人质；第3组负责摧毁机场雷达和米格飞机，防止其升空迎击或追击突击队的飞机；第4组为预备队，支援行动受挫的突击组。各组迅速按计划行动，53分钟后营救行动结束。突击队乘机撤离恩德培，飞往肯尼亚内罗毕机场加油后，使用1架波音707飞机实施电子干扰，掩护编队避开乌干达及阿拉伯国家雷达的跟踪，顺利返回以色列。

此次营救人质行动，以色列突击队长途奔袭近4 000千米，仅以1死4伤的代价，成功解救出在场的全部人质，击毙7名劫机者，毙伤乌军40人，并炸毁乌军10架战斗机和恩德培机场设施，展示了以色列空军的远程作战能力和快速反应能力。 (陆文至)

Babilun Xingdong

“巴比伦”行动 (“Babylon” Action) 以色列空军于1981年6月7日摧毁伊拉克核反应堆的空中突击行动。

1974年，伊拉克与法国签订核技术合作协定，引进核反应堆设备和技术，由法国专家帮助建设“乌西拉克”核反应堆并提供75千克浓缩铀燃料。20世纪70年代末，伊又与意大利、巴西签订了核技术合作协定。以色列视其为“核威胁”，先后采取外交、暗杀外国专家等手段，企图阻止伊建设核反应堆，未能成功。当获悉核反应堆将于1981年7月1日投入运转，1年内可具备制造2～3枚小型核武器的能力后，以秘密制定“巴比伦”行动计划，决定在核反应堆投入运转之前，出动空军飞机将其炸毁。为实施这一行动，以周密计划，充分准备，包括采取多种手段搜集目标资料，优选突击队飞行员和高性能飞机；对F-16飞机进行改装，在机翼下加装专门挂架，能同时加挂炸弹、导弹和副油箱，保证单机携带2枚2 000磅炸弹，不经空中加油突击目标并返回基地；进行高强度实战模拟训练；精选突击时机，选定在6月7日星期日核反应堆工作人员休息时实施空袭，尽量减少外籍人员伤亡；突击具体时间选在太阳偏西的18时30分(目标区时间)，利于突击编队由西向东背着阳光进入目标区，实施目视精确轰炸和安全返航。

6月7日17时(目标区时间)，涂上伪装涂料，机身画有约旦空军标记的以空军8架F-16和6架F-15型战斗机从埃齐翁基地起飞，途中保持无线电静默，以密集队形飞向目标区，整个编队在雷达荧光屏上显示成一架大型运输机。沿约旦、沙特阿拉伯边境飞行时，尽量利用两国警戒雷达探测范围的空隙。当沙特雷达站发现并令其报告身份时，以飞行员用流利的阿拉伯语回答：“约旦空军，例行训练”，对方信以为真。当约旦雷达站发现并询问时，以飞行员用国际民航通用语回答是“民航飞机”，再次欺骗成功。此后的大部分时间，编队尽可能降低飞行高度，沿着起伏地形飞行，几乎擦着地表进入伊拉克，飞向巴格达。经过90分钟飞行，于18时30分到达目标上空，飞行员能清楚地看到圆形核反应堆建筑以及伊担负防御的地空导弹和高射炮阵地。进入轰炸航路前，F-15战斗机首先跃升，在目标上空进行警戒掩护。F-16战斗机从超低空迅速上升到610米，进入轰炸航路，随即按预定分工和攻击战术从不同角度对伊核反应堆进行攻击。有的作俯冲投弹，使炸弹垂直贯穿反应堆主建筑钢筋水泥顶层；有的进行水平投弹，让炸弹斜穿反应堆主建筑墙壁；有的向核反应堆四周投弹，破坏其地下设施部分。突击持续时间仅2分钟，投弹16枚。由于轰炸精度高，并使用威力较大的火箭助推侵彻炸弹，核反应堆主建筑及设备遭到彻底破坏，中心大楼被夷为平地，另外两座建筑物也遭到严重破坏。在整个轰炸过程中，F-15战斗机始终在攻击机上空戒备，伊飞机没有起飞，地空导弹部队也没有发射导弹，只有部署在核反应堆周围的高射炮进行了零星射击。以机完成轰炸退出攻击后，迅即爬高，沿预定航线返航，快速通过约旦中部地区，19时左右，全部安全着陆。

此次空袭行动，以空军以隐蔽突然的空中突击，速战速决，一举达成战略目的，使伊拉克价值4亿美元，即将投入运转的核反应堆遭到完全破坏。空袭行动的主要特点是：目标单一，目的明确；计划周密，准备充分；突然袭击，准确命中。是一次典型的高技术、低强度“外科手术式”的作战行动。

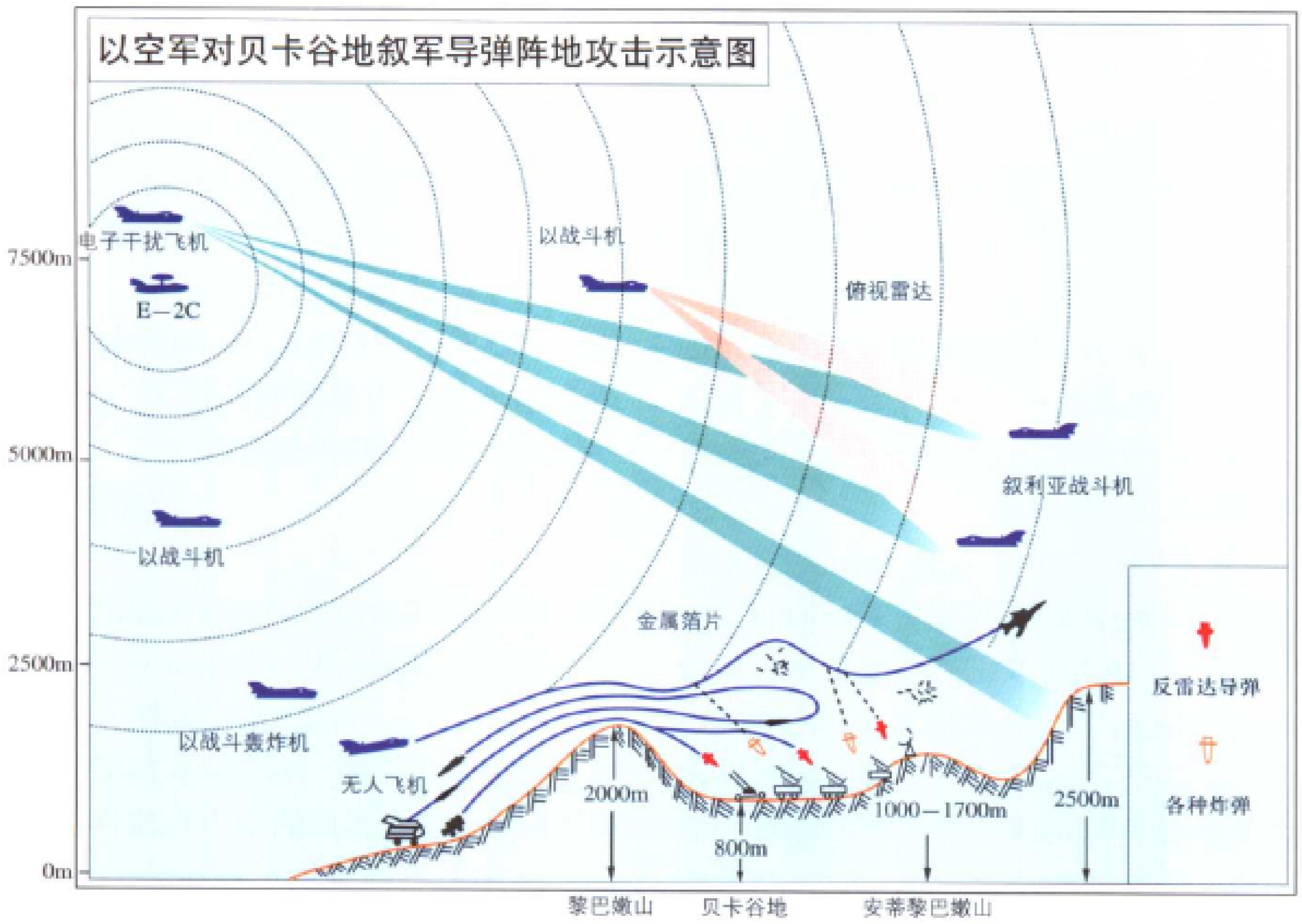
(管有勋)

Beika Gudi Kongzhong Zuozhan

贝卡谷地空中作战 (Bekaa, Air Operation over the) 黎巴嫩战争中，以色列空军与叙利亚空军、防空军于1982年6月9～10日在贝卡谷地的空中作战行动。

1970年，巴勒斯坦解放组织总部和游击队主力由约旦进驻黎巴嫩，逐步控制黎南部和首都贝鲁特部分地区，成为“国中之国”，并构筑军事设施，经常出击和炮轰以色列北部地区。叙利亚也企图控制黎巴嫩。1975年，叙乘黎内战之机，借口维持和平，将机械化和装甲部队共3万人以“阿拉伯威慑部队”的名义开进黎境内，并从1981年开始将SA-6地空导弹部署在黎境内的贝卡谷地。以色列为消灭巴解武装力量，把叙军逐出黎巴嫩，解除对以北部的威胁，进行了长期、充分的准备。1982年6月4日，以色列借口以驻英国大使遇刺，发动了入侵黎巴嫩的战争。为夺取战场制空权，6月9日14时12分，以空军第1突击波96架飞机出动，由E-2C型预警飞机统一指挥，F-4、F-16、A-4型飞机组成的突击编队，在F-15、F-16型飞机的掩护下，使用多种精确制导武器和非制导武器，对贝卡谷地的叙军SA-6导弹阵地进行了密集突击，6分钟成功地摧毁了19个导弹连。16时左右，以空军第2突击波92架飞机进行了补充突击。10日，以空军再次出动92架飞机，用同样方法摧毁了叙军于9日夜间增调的4个SA-6、3个SA-8地空导弹连。至此，叙军先后部署在贝卡谷地内的26个地空导弹连全部被摧毁。

在以空军突击过程中，双方展开了大规模激烈空战。9日下午，以空军两次突击叙军防空导弹阵地时，叙军也相应出动50～60架米格-21、米格-23型飞机迎战；10日，双方再次进行同样规模的空战。空战中，以突击机群在E-2C预警



指挥机和波音−707型电子干扰机的指挥配合下，始终处于主动。叙空军从空战开始就完全陷入被动挨打的地位，两次空战被击落飞机84架。以空军仅3架飞机被叙军地面防空部队击落。

以空军主要采取的战术手段：

①多功能作战机群协同作战。作战中，E−2C型飞机部署在海上，波音−707飞机在上层，F−15型飞机在中层，F−16型飞机在下层。E−2C型飞机负责对作战地域进行不间断雷达监视，并根据情况变化及时调整作战机群的行动。叙机的滑跑、起飞均处在其监视之下。因E−2C型飞机有雷达盲区易漏报低空目标，利用F−15型飞机的机载雷达负责低空监视并及时向F−16型飞机指示攻击目标。形成预警、侦察、干扰、空战和对地攻击多机种的密切配合，发挥整体作战的效能。

②使用无人驾驶飞机进行侦察和诱骗。以空军一开始就发射“猛犬”和“侦察兵”式无人机。装有雷达反射体的无人机首先引诱叙军雷达开机，由装有电子侦察装置的无人机收集雷达电子参数，并传给电子干扰机进行干扰。同时，“侦察兵”无人机通过摄像装置及时获得目标图像，供打击目标和评估攻击效果使用。

③施放强烈的电子干扰。所有参战的飞机都装有电子对抗设备并有专用电子干扰机相配合。波音707飞机改装的电子战飞机可对叙军雷达和无线电通讯指挥系统进行强烈的电子干扰，使叙军防空警戒雷达和防空截击雷达及制导雷达陷入瘫痪状态。F−15、F−16、F−4型战斗机和攻击机均装备内装式干扰设备和干扰吊舱以及红外干扰弹，可对SA−6和SA−8型导弹进行有效干扰。

④大量使用精确制导武器。战斗中首先使用“狼”式地对地反雷达导弹对无人机侦察定位的SA−6导弹阵地进行攻击。尔后，F−4、F−16型飞机携带“百舌鸟”和“标准”反辐射导弹，攻击地面雷达设备。对未开机的雷达及导弹发射装置等设施，F−4、F−16型飞机使用电视制导炸弹、激光制导炸弹、集束炸弹和杀伤炸弹进行攻击。 （姚　卫）

Yijun Kongxi Bajie Zongbu

以军空袭巴解总部 (Israeli Air Raid on the PLO Headquarters)　以色列空军于1985年10月1日对设在突尼斯的巴勒斯坦解放组织总部的空中突击行动。

1982年6月，以色列入侵黎巴嫩，迫使巴解总部迁到突尼斯首都南郊。1985年9月26日，以内阁特别会议决定以3名以色列人在塞浦路斯遇刺为借口，空袭巴解总部。30日，以获悉巴解主席Y.阿拉法特当日晚将从摩洛哥返回突尼斯驻地，并于次日上午召开主要领导成员会议的情报，决定实施空袭行动。10月1日凌晨，以空军首先出动4架加油机和1架波音−707型电子干扰机，担负空中加油及电子干扰、空中导航任务。7时，突击编队8架F−15型战斗机从以西部空军基地起飞。其中6架担负突击任务，各挂载2吨左右的弹药；2架担负空中掩护任务，各携带2枚“响尾蛇”和2枚“麻雀”空空导弹。40分钟后，8架F−16型战斗机起飞，负责在突击编队后方侧应和掩护。为迷惑埃及、叙利亚等国预警雷达，突击编队以密集队形沿国际民航航线高空飞行。因以色列距突尼斯约2 400千米，途中进行了空中加油。抵达突尼斯海岸附近时改为超低空贴海面飞行，进入突尼斯防空识别区，在电子干扰机的干扰掩护下，距目标48千米时，上升至900米高度，进行攻击。共发射8枚“小牛”空地导弹、激光制导“灵巧”炸弹和M−84型500千克爆破杀伤弹，攻击了巴解总部通信中心、办公大楼、第17警备司令部、军官宿舍和阿拉法特住所等5座建筑物，全部命中目标。造成巴解总部亡75人，伤120人。阿拉法特不在楼内幸免于难。13时，以机全部安全返回基地。

此次空袭，以空军计划周密，编队隐蔽航行，多机种协同，命中精度高。巴解总部和突尼斯军方思想麻痹，防空力量薄弱，措施不力。 （管有勋）

Di-san Ci Yin-Ba Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

第三次印巴战争空中作战 (Air Operations in the Third Indo-Pakistani War)　印度空军与巴基斯坦空军1971年12月在第三次印巴战争中的空中作战行动。

1971年3月，东巴基斯坦在印度政府的支持下宣布独立。巴政府派兵镇压，东巴大批难民逃往印度。印积极准备武装干预。战前，印空军装备米格−21、苏−7等型飞机625架。巴空军装备F−86、幻影−3等型飞机285架，印空军在飞机数量和质量上均占优势。11月21日，印军入侵东巴，印巴战争爆发。12月3日17时47分，巴空军起飞16架F−86和4架“幻影”型飞机，突袭印锡斯瓦巴扎、阿姆利则和帕坦恰库奇3个空军基地。随后，从当日18时至次日凌晨，又出动飞机60～70架次，攻击印阿姆巴拉、阿戈里、阿姆利则、乔德普尔和乌特莱5个机场，轰炸格德拉特和巴鲁麦鲁2个停车场及坦克集结地萨拉德。因目标过于分散，加之印军积极防护，巴突袭效果不理想。5小时后，印空军开始反击。22时，先后

出动飞机500架次，分东、西两线攻击巴主要空军基地及其他重要目标。在东线，印空军配合进入东巴的地面部队，重点攻击达卡周围的太济格奥和库尔米特拉。在西线，攻击了巴空军的主要机场和沙德里、肖尔科特、萨克萨尔等十几个重要目标，击毁了停放在机场上的部分飞机，并掩护地面部队从富尔查理加特地区后撤。5日，印空军对拉合尔、齐亚德利、姆里德和马乌布尔等9个空军基地进行反复攻击，并出动100架次飞机对印地面部队进行了近距空中支援。经过2天的空中作战，印空军在东、西线两个方向，特别是东线方向上夺取空中优势。从6日起，交战双方主要转入空中阻滞和支援地面部队作战。印空军切断巴交通线、破坏巴物资和弹药供给及港口设施。巴空军出动40～50架次飞机对印新德里以北地区进行空中攻击。16日，印军进入达卡市郊，当天下午，巴守军投降，战争结束。1972年1月，东巴成立孟加拉国。据印方称，巴空军在空战中损失飞机94架，印空军损失飞机44架。

（管有勋）

Dejun Mojiadisha Jichang Yingjiu Renzhi

德军摩加迪沙机场营救人质 (Rescuing Refugees at Muqdisho Airport by German Forces)　德意志联邦共和国空军于1977年10月13～17日在索马里摩加迪沙机场营救人质的战斗行动。

10月13日，德意志联邦共和国(简称西德)的1架波音737型客机从西班牙马略卡岛帕尔马机场起飞，在飞往法兰克福的途中被4名恐怖分子劫持。劫机者要求立即释放关押在西德等地的11名政治犯，并索要1 500万美元，最后期限为10月16日12时。机上除恐怖分子外，还有旅客和机组人员共87人。劫机者胁迫飞机先后在意大利罗马、塞浦路斯拉纳卡、阿拉伯联合酋长国迪拜、也门民主共和国亚丁机场起降，最后降落在索马里摩加迪沙机场，飞行航程约5 000千米。

客机被劫持后，西德总理施密特多次召开会议商讨对策，并成立“危机小组”，决定由空军派出2架波音-707型飞机，运载由国防军突击队组成的两个突击分队营救人质。第1突击分队飞机跟踪监视被劫飞机，主要担负攻击和营救人质任务。第2突击分队飞机除载突击队员外，还有国务部长及有关指挥人员，负责营救行动的指挥、观察、联络和增援任务。14日上午当德军第一突击分队飞机赶到塞浦路斯拉纳卡机场时，被劫飞机已不知飞往何处，于是奉命前往希腊克里特岛机场待命。14日下午当被劫飞机在迪拜机场降落后，德军第2突击分队飞机紧随而至。突击队员化装成机械师和机场服务人员，通过给飞机加油和送食品的机会查明情况，等待突击。16日中午被劫飞机又飞往了也门，在亚丁机场强行着陆，随后杀害了机长舒曼。第2突击分队飞机立即飞往亚丁，途中接到政府最后决定使用武力的命令。由于也门政府不同意该机降落，又飞往邻近的沙特阿拉伯吉达机场。17日15时20分，被劫飞机在索马里摩加迪沙机场降落。劫机者宣称，最后期限延长到当日午夜。西德政府商经索马里政府同意，决定在摩加迪沙机场采取营救行动。入夜后，两架运载突击队员的飞机先后抵达，突击队员潜伏到被劫飞机下待命。当离劫机者要求的最后期限只剩40分钟时，突击队员突然冲进被劫飞机机舱内，向猝不及防的恐怖分子开火，击毙3人，重伤1人。突击队员1人轻伤，人质中除机长被杀害外，其余全部获救。

（陆文至）

Keluweiqi Kongjiang Xingdong

科卢韦齐空降行动 (Kolywezi Airborne Operation)　法国、比利时等国于1978年5月19～27日在扎伊尔共和国矿业城市科卢韦齐解救人质的空降作战行动。

1978年5月13日，扎伊尔反政府武装4 000余人突然袭击并占领科卢韦齐，城内热卡矿业公司有2 500余名欧洲籍雇员及家属遭到围困，其中有数百名法国人，有的被扣做人质。扎伊尔政府请求有关国家提供紧急军事支援。经商定，法国派出1个空降团担负主要突击任务；比利时派出运输机空运撤离欧洲籍雇员及家属，并派出伞兵突击队担负城防守备任务；美国提供C-141型运输机负责空运支援，第82空降师第2旅和英国女皇团第3营作为预备队。

担负突击任务的法军第11空降师第2空降团约1 400人，编成2个梯队。18日23时，第1梯队分乘法国5架运输机抵达扎伊尔首都金沙萨。19日，第2梯队约100辆机动车由美军运输机运往科卢韦齐南部的卢本巴希。第1梯队到达后获悉，在科卢韦齐的反政府武装准备破坏矿山设备、杀害或劫走人质，撤退到安哥拉的基地。团长P.厄吕兰上校当即决定分两批提前实施空降突击。第1批由前进指挥所和第1、第2、第3连组成，分乘扎伊尔空军的4架C－130型运输机，每架飞机载运80～85名伞兵。19日15时40分，飞抵科卢韦齐，在老城区北部空降场伞降后，迅速向反政府武装发起攻击，傍晚时占领老城区，50名人质获救。第2批由基本指挥所、侦察排、迫击炮排和第4连组成，20日晨乘扎伊尔航空公司DC-130型飞机，分别在老城区北部和新城区东部的空降场着陆，在反政府武装无力抵抗的情况下，几小时内控制了新城区。与此同时，比利时伞兵突击队在距市区6千米的由扎伊尔政府军控制的机场机降，迅速进城从法军手中接过防务，并使用空军运输机将所有被救出的欧洲人撤走。从20日下午开始，法军空降部队集中兵力追歼反政府武装。21日，美军空运100辆机动车投入战斗，加快了作战进程，27日战斗结束。

此次空降作战，解救出全部人质，毙敌250余人，击毁、缴获各种武器1 000余件。法第2空降团亡5人、伤25人。显示出空降兵在紧急情况下，快速反应、远程奔袭的作战能力。

（崔连祥）

Liang Yi Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

两伊战争空中作战 (Iran-Iraqi War, Air Operations in the)　伊拉克空军与伊朗空军1980年9月～1988年8月在两伊战争中的空中作战行动。

伊拉克和伊朗长期存在民族宿怨和边界争议。1979年2月，伊朗以R.霍梅尼为代表的什叶派穆斯林执政后，伊拉克国内什叶派穆斯林中反政府势力活跃。伊拉克为谋求海湾地区霸权，企图趁霍梅尼政权立足未稳之际，通过战争来消除面临的威胁并解决边界争端。战前，伊拉克总兵力24.2万人，作战飞机340架。

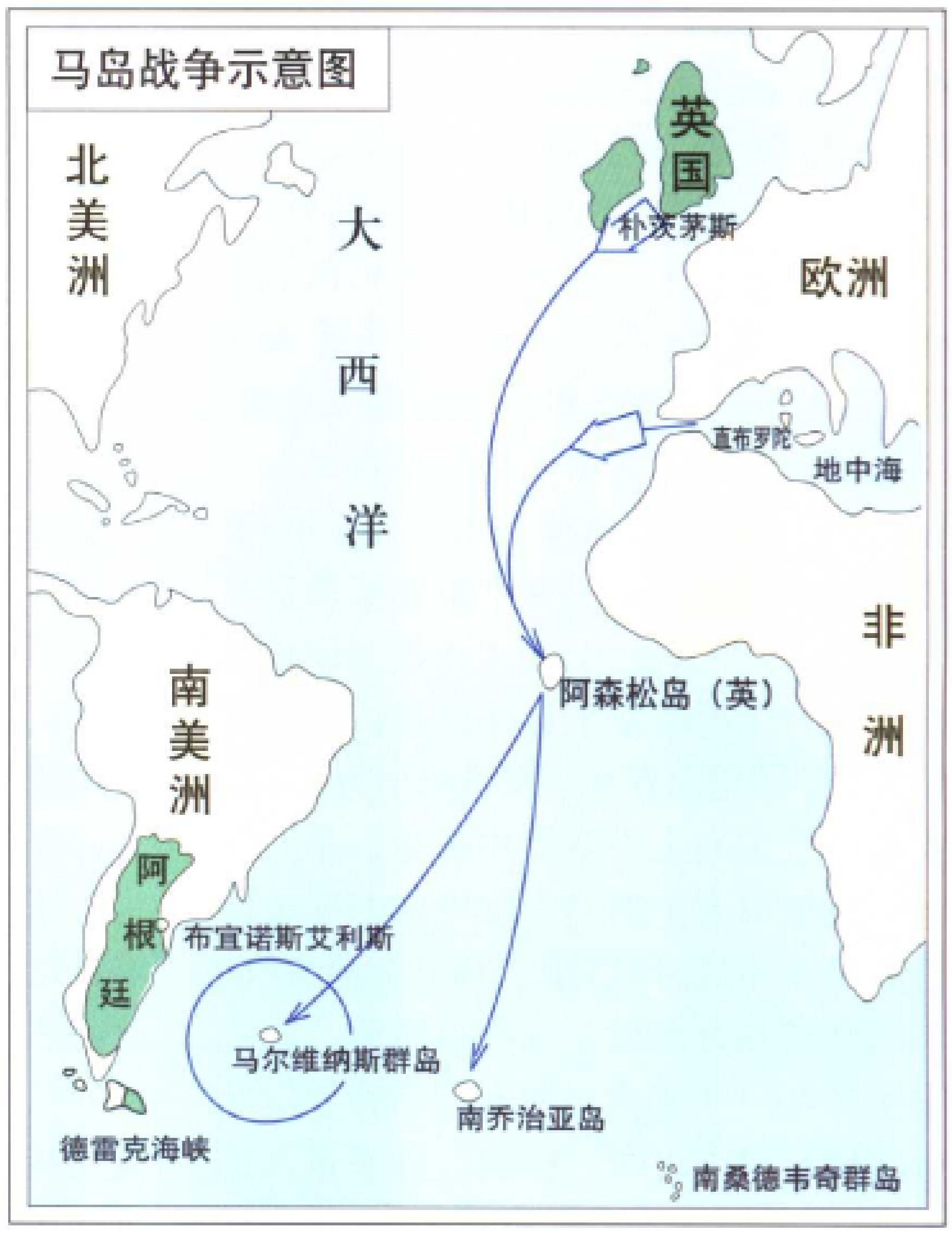
伊朗总兵力24万人，作战飞机445架。1980年9月22日凌晨，伊拉克空军出动大批飞机对伊朗空军基地等军事目标实施突然袭击，随后地面投入重兵分3路向伊朗境内推进，占领伊朗7座边境城市，两伊战争爆发。伊拉克空军空袭1小时后，伊朗空军进行反击。连续几天，每天出动200架次飞机，反复空袭伊拉克机场和巴格达重要目标。为减少损失，伊拉克将大批飞机转场到约旦和沙特阿拉伯，伊朗夺取了战场制空权。战争开始后几年内，伊朗空军飞机经常进入伊拉克境内进行骚扰性空袭和侦察，攻击伊拉克的输油管道，支援地面部队作战。伊拉克被动挨打，战局有利于伊朗。在此期间，伊拉克守中有攻，重视发展空军，空中力量逐渐占优。1984年2月，伊拉克对伊朗实施"袭船战"，空中封锁伊朗的哈格岛石油港口和海上石油运输线。至1985年初，伊拉克空军已有作战飞机近700架，装备了能执行战略轰炸任务的图－16、图－22型轰炸机。同年3月，伊拉克空军实施"袭城战"，对伊朗的几十座城市实施战略轰炸。1986年，又将空袭范围扩大到钢铁厂、发电厂、交通枢纽等经济目标。伊朗空军针锋相对予以还击，在空军力量不足的情况下率先使用地地弹道导弹攻击伊拉克目标，引发双方"导弹战"。1988年8月20日，双方实现停火。战争中，伊朗损失作战飞机150架，伊拉克损失250架。

两伊战争持续8年，空中作战贯穿全过程，对战争的进程和结局产生重要影响。战争初期，由于伊朗空军在武器装备、组织指挥、战术运用诸方面都优于伊拉克空军，取得了初战胜利，为全国实施战争动员赢得了时间。战争中、后期，伊拉克空军总体作战能力，特别是进攻能力明显优于伊朗空军，在战争中发挥了重要作用。 （管有勋）

Madao Zhanzheng Kongzhong Zuozhan

马岛战争空中作战 (Malvinas Islands, Air Operations over the) 阿根廷空军与英国空军、海军航空兵1982年4～6月在马尔维纳斯群岛战争中的空中作战行动。

马尔维纳斯群岛(简称马岛，英称福克兰群岛)及其邻近的南乔治亚群岛、南桑威奇群岛扼守南大西洋经麦哲伦海峡通往太平洋航道要冲，又是进入南极的前进基地，地下和水下资源丰富，战略地位重要。马岛距阿根廷本土约510千米，距英国本土约1.3万千米。1690年，英国人发现并登上马岛，后被西班牙夺占。1816年阿根廷脱离西班牙统治独立后，宣布继承西班牙对马岛的主权，委派了行政长官，并派兵驻守。1833年，英军攻占马岛，赶走阿总督和驻军，维持其殖民统治。阿长期坚持对马岛的主权，与英多次谈判。1982年2月谈判破裂后，3月18日，阿科学考察组在南乔治亚岛升起国旗，两国关系急剧恶化。阿政府决定以武力解决争端。阿方参战兵力6.5万人，舰船33艘，各种飞机350架，其中作战飞机167架。英方参战兵力3.5万人，舰船114艘，作战飞机68架，直升机196架。战争分为3个阶段：4月2～30日，阿军占领马岛与英军战略展开；5月1～20日，英军封锁马岛与阿军反封锁；5月21日～6月14日，英军登陆与阿军抗登陆。战争以英军重占马岛，阿军失败而结束。整个战争持续74天，阿军伤亡约2 300人，被俘1.13万人，损失舰船11艘，飞机105架。英军伤亡约1 000人，被俘200余人，损失舰船6艘，飞机34架。



马岛战争是第二次世界大战后，在南大西洋进行的规模最大的海空争夺战，英、阿航空兵均发挥了重要作用，主要作战行动有：①英军空袭马岛和阿军防空作战。英军空袭马岛的主要目标是机场、雷达站和阿守军阵地。5月1日，英空海军航空兵分4个波次对马岛实施空袭：第1波为1架"火神"式战略轰炸机，携带1 000磅级炸弹21枚，由阿森松机场起飞，途中经空中加油，接近战区时进行高度机动，施放电子干扰，低空进入，当地时间4时40分，对马岛首府机场轰炸后，沿原航线返回，往返飞行1.3万千米。第2波为3架"鹞"式飞机从航空母舰上起飞，8时20分再次空袭首府机场。第3波为"鹞"式飞机攻击古斯格林机场。第4波为"鹞"式飞机第3次轰炸首府机场。马岛两个机场遭中等程度破坏，短期内无法使用，首府机场油库起火，1座建筑物和1架飞机被炸毁。整个战争期间，"火神"式轰炸机对马岛的轰炸共进行了5次，其中3次攻击机场，两次使用"百舌鸟"反辐射导弹攻击雷达站；"鹞"式飞机空袭90次，投掷炸弹42枚，炸弹箱21个，发射导弹14枚、炮弹2.7万发；"鹞"式飞机空袭125次，投掷各种炸弹150枚、炸弹箱25个。空袭时使用了地面激光指示器，提高激光制导炸弹对点状目标的命中率；采用常规炸弹上仰投弹法，减少阿地面防空火力的杀伤。阿防空部队在抗击英机空袭中，击落5架"鹞"式飞机和4架直升机，击伤多架。面对英海空军的全面海空封锁，阿空军和海军航空兵多次出海作战，其中有10次获得重大战果。②阿军对英军特混舰队空袭和英军特混舰队防空。阿军使用"超级军旗"、"天鹰"和"幻影"等飞机，5次出海作战，3次空袭成功。5月4日，"超级军旗"飞机使用法国制造的"飞鱼"导弹低空攻击，一举击沉英军现代化的"谢菲尔德"号导弹驱逐舰，迫使英军特混舰队后撤到马岛以东海域；5月21日，英军实施登陆，阿军出动"天鹰"等飞机数批70余架次，以部分兵力轰炸登陆场和英军滩头阵地，以主要兵力攻击英军支援舰船，击沉英海军"热心"号护

卫舰1艘，击伤其他护卫舰4艘；25日，阿空军和海军航空兵先后出动飞机140架次，对英特混舰队实施空袭，击沉英导弹驱逐舰“考文垂”号和大型运兵船“大西洋运输者”号，10多架直升机随船沉海。为增强防空作战能力，英特混舰队建立了包括电子系统、战斗机、地空导弹和高射炮在内的综合兵器防空系统，先后击落阿军飞机约100架，逐渐夺取了空中优势。③英、阿军空中运输和空中加油。阿空海军出动其全部运输机100余架，并征用部分民用运输机参加紧急空运，先后将49万人和9 000余吨物资由北部地区空运到南部地区，并向马岛空运9 800人和5 500吨物资。海上补给线被英军切断后，阿运输机在战斗机掩护下，向马岛强行空投、空运武器装备和作战物资435吨，空运人员514人。英军使用4个C-130型运输机中队、1个VC-10型运输机中队、2个“胜利者”空中加油机中队，在建立阿森松岛中间基地、战区空运和空中加油方面发挥了重要作用。战争初期，英空军接到建立阿森松岛中间基地命令3小时后，起飞第1架运输机将首批指挥、保障人员运往阿森松岛，基地建成后，成为英空军飞机的作战活动中心，“火神”式战略轰炸机和“猎迷”式反潜巡逻机均在此起降，执行远程奔袭和远海侦察巡逻任务。英空海军飞机充分利用该机场，其利用率从平时的每周4次起降增至每天上百次起降，4月16日起降高达532架次。战争期间，英军运输机共出动600余架次，由本土向阿森松岛空运5 600余人，作战物资7 500吨，民用运输机空运物资350吨；英军直升机的空运活动更加频繁，仅在登陆作战中就向马岛空运作战物资2万余吨。阿森松岛距马岛往返1.2万千米，“火神”式轰炸机去马岛轰炸、“猎迷”式反潜机去战区巡逻、C-130型运输机到战区执行空投任务，均需空中加油。战争中，英空军飞机空中加油600次，有力地保障了马岛作战的需要。

此战证明，掌握制空权在现代海战中具有极为重要的作用，制空权必须由诸军兵种实施联合作战才能实现；老式航空武器装备运用得当仍能取得重大战果；精确制导武器在现代战争中能发挥巨大作用；重视空运部队建设，提高空中加油能力是夺取战争胜利的重要因素。

（管有勋）

Yilake zhanzheng kongzhong zuozhan

伊拉克战争空中作战 (Iraqi War, Air Operations in the) 美、英联军入侵伊拉克战争的空中作战行动。2003年3月20日，美国以打击恐怖主义为借口，宣称伊拉克拥有大规模杀伤性武器和支持本·拉登的“基地”组织，联合英国，先发制人，发动了以推翻伊拉克萨达姆政权为目的，代号为“自由伊拉克行动”的战争。

美、英联军投入的兵力共约24万人，其中美军19万人、英军4.6万人。开战后，澳大利亚、丹麦、波兰也投入少量兵力。空中力量，主要是部署在伊拉克周边地区的沙特阿拉伯、阿联酋、土耳其、巴林、科威特、卡塔尔、阿曼、约旦等国基地和印度洋迪戈加西亚岛、英国费尔福德、希腊苏达湾、美国怀特曼基地的航空兵部队以及在波斯湾、地中海的6个航母战斗群，参战飞机共1300多架。主要机型有：B-1B、B-2、B-52H、F-117A、F-14、F-15、F-16、F/A-18、A-10、AV-8B、“狂风”、“鹞”、E-3C、EP-3、E-8、EA-6B、EC-130H“猎迷”、“美洲虎”、RC-135、U-2、E-2C等。直升机900多架，主要型号为：“阿帕奇”、“眼镜蛇”、“黑鹰”、CH-47、CH-53、“美洲豹”、“支奴干”等。无人驾驶飞行器约90架，主要型号为：“全球鹰”、“捕食者”、“猎人”、“短毛猎犬”、“影子”、“先锋”、“龙眼”、“银狐”、“不死鸟”等，利用侦察、通信、气象、全球定位卫星90余颗。美军中央总部空军司令部驻沙特苏丹王子空军基地，司令莫斯利空军中将，统一指挥战区内美、英空中力量的作战行动。

伊拉克空军装备作战飞机300多架，主要机型为米格-21、米格-23、“幻影”、苏-24、苏-25、米格-29等。由于伊长期被制裁，飞机零备件严重短缺，飞行员素质差，而对占有绝对优势的美、英联军空中力量，大部分飞机无法升空，战争中基本没有使用。地面防空部队装备SA-2、SA-3、SA-6、SA-7和SA-14、SA-16型地空导弹850枚，还有部分高射炮、高射机枪，防空能力比较薄弱。

美、英联军空中作战的主要任务是：①压制伊拉克空军和防空系统。②对伊政权目标实施战略攻击。③为联军地面部队提供空中支援。④威慑和反击战区弹道导弹威胁。⑤摧毁伊共和国卫队。

美、英联军在伊拉克战争空中作战进程分为4个阶段。①初战阶段（“斩首”行动，3月20～21日）。3月20日5时35分，美、英联军开始对伊拉克首都巴格达空袭。部署在波斯湾和红海的美6艘巡洋舰和潜艇发射40枚“战斧”式巡航导弹；同时出动2架F-117A型隐身战斗机向巴



美军使用的F－15E战斗轰炸机



美军使用的B－52轰炸机


美军使用的F/A－18战斗机


美军使用的F－117战斗机

格达南部的多拉农庄投放了4枚EGBU－27激光制导炸弹，美企图通过“斩首”作战行动，将H.萨达姆等主要领导人一举消灭，达到迅速结束战争的目的，但未奏效。②战略轰炸阶段(“震慑”行动，3月21～24日)。3月21日21时10分开始，美、英联军持续3天，共出动4 500架次飞机，投放了约3 000枚精确制导炸弹，打击伊军指挥与控制中心，萨达姆住处、政府主要部门、防空系统等1 500个目标，使伊拉克作战系统基本处于瘫痪状态。③支援地面作战阶段(3月25～4月14日)。3月25日开始，美、英联军空中打击重点转为伊军地面部队，主要实施了近距空中作战、空中遮断作战和城市近距作战等行动。重点打击伊军坦克、装甲车、火炮和地面部队阵地等，还轰炸了伊国家通信中心、邮电通信大楼、电视台、阿拉伯复兴社会党总部等目标，使伊共和国卫队在与美、英联军地面部队交战前，战斗力被大大削弱。④监视性空中作战阶段(4月15日～5月1日)。美、英联军4月10日占领巴格达，4月14日攻占提克里克后，控制了伊拉克全境，大规模军事行动已经结束。之后，美、英空中力量主要是进行监视性空中巡逻，对一些地面零星战斗实施空中支援。部分战机开始撤离战区。

从3月20日至4月18日，美、英联军共出动各型飞机41 850架次，其中攻击行动15 825架次，占38%；投放各种炸弹29 199枚，其中制导炸弹19 948枚，占68%。

美、英联军在伊战争的空中作战中，大量使用精确制导弹药。舰射“战斧”巡航导弹800余枚、空射AGB－86巡航导弹100多枚，还使用电磁脉冲炸弹、凝固汽油弹、贫铀弹以及激光制导、联合直接攻击弹药和防区外发射导弹等。其中首次使用的有：EGBU－27增强型卫星／激光／惯性综合制导炸弹、EGBU－28全天候精确制导炸弹、GBU－37钻地炸弹、CBU－103风修正综合效应弹药、CBU－105风修正传感引信武器、BL－755反坦克集束炸弹、MOAB超级炸弹(重近10吨，称“炸弹之母”，威力相当一枚小型核弹)，“风暴影子”，空对地防区外发射导弹，(射程320千米，制导精度达1米)，“铺路”Ⅲ激光制导炸弹等。对伊拉克国民经济和人民生命财产造成巨大损失。


美军使用的AH－64武装直升机

伊拉克防空部队在失去制空权的情况下，化整为零，采取游击式的机动作战，使用便携式地空导弹和小口径高射炮、高射机枪与美机抗击，先后击落7架，其中F－15E和A－10型飞机各1架，“阿帕奇”、“黑鹰”直升机3架，“捕食者”、“不死鸟”无人机2架，给美、英联军空中力量一定的打击。伊拉克在战前从俄罗斯购买了GPS干扰装置，战争中对美军GPS制导炸弹进行干扰，使其不能准确命中目标。

2003年5月1日，美国总统布什宣布伊拉克战争结束。整个战争持续44天，美、英联军凭靠绝对的空中优势和大量高新技术武器装备赢得战争胜利，但在空中作战中也暴露出许多问题。①情报侦察不够准确。4月6日美军1架F－15E型飞机误炸了美陆军的1个车队，造成10名美军士兵和数十名库尔德武装人员伤亡。②敌我识别系统不完善。3月22日和4月3日，美军“爱国者”导弹先后将1架英军“狂风”战斗机和1架美F/A－18型战斗机击落。还发生了美F－16型战斗机攻击“爱国者”导弹的雷达系统、美A－10型攻击机袭击英军坦克等事件。③训练水平不高，机械故障多，坠机事故频繁发生。据统计：从3月20日至4月8日的20天中，美、英联军飞机、直升机在执行任务中，发生双机相撞和坠机事故达10架，超过作战中被伊军击落的总数。④精确制导武器偏离目标问题时有发生。美军发射的巡航导弹有11枚落入伊朗、2枚落入土耳其、多枚落入沙特阿拉伯境内。美军承认，因种种原因，有超过10%的精确制导武器偏离目标。

(陆文至)

空军(航空)人物

Ba Yuzao

巴玉藻 (Ba Yuzao, 1892.7~1929.6)
中国近代水上飞机设计师。内蒙古克什克腾旗人。1909年8月，由清政府选派去英国留学，进入阿姆斯特朗学院学习机械工程。



1915年9月，转赴美国麻省理工学院航空工程系学习，翌年5月毕业，获航空工程硕士学位。后应聘到美国寇蒂斯飞机工厂任设计工程师、通用飞机厂总工程师，跻身于美国航空界先驱者行列。1917年12月，归国参加中国航空工程的首创工作。1918年，北洋政府海军部在福建马尾建立飞潜学校，担任教学工作，培养出中国最早的一批航空工程人员。后任海军船政局海军飞机工程处主任，从事水上飞机设计和制造工作。1922年8月，与他人合作在上海江南造船厂建造了世界上第一座水上浮动飞机库，成功地解决了当时水上飞机停置的难题。1928年9月，海军飞机工程处改为海军制造飞机处，任处长。在此期间，领导设计了甲、乙、丙、丁、戊等型水上飞机。1928年夏，只身赴德国参加柏林万国航空展览，后去美、法等国考察。1929年6月病逝。 (王利民)

Chen Huaimin

陈怀民 (Chen Huaimin, 1916~1938.4.29)
中国空军抗日殉国烈士。江苏镇江人。1934年9月考入国民政府中央航空学校第5期驱逐科，1936年毕业，随后分配到空军第4大队第23队任飞行员。1937年卢沟桥抗战爆发后，曾多次驾机战斗出动，打击日机。1938年4月29日，日军出动24架轰炸机，在18架战斗机的掩护下空袭武汉。中国空军和苏联空军志愿队共起飞64架战斗机迎战，双方密切配合，在武汉地区上空与日机经过30分钟激战，共击落日机21架，己方损失飞机12架。在这次战斗中，陈怀民在击落1架日机后，被5架日机围攻，在飞机多次负伤操纵比较困难的情况下，他英勇无畏，毅然放弃跳伞的机会，将飞机油门推到最大，开足马力，对准附近的1架日机撞去，与敌同归于尽。 (陆文至)

Feng Ru

冯　如 (Feng Ru, 1883.12.15~1912.8.25)
中国早期的飞机设计师和飞行家。字鼎三，号九如。生于广东恩平。12岁时随亲戚到美国，先后在旧金山和纽约半工半读。



经过多年努力，掌握了机械和电学等方面的知识。1903年，深受莱特兄弟制成飞机并试飞成功的影响，立志从事飞机制造事业。1907年9月，在华侨和亲友资助下，开始在奥克兰市设厂研制飞机。经过多次挫折，于1909年研制成飞机1架，同年9月21日，在奥克兰市派蒙特山附近空地上试飞成功。随后在美成立广东制造机器公司(后改名广东飞行器公司)，自任总机器师，筹集资金继续研制飞机。1910年，又研制成1架双翼飞机，同年10～12月间，在奥克兰市多次进行飞行表演，并获得美国国际航空学会颁发的甲等飞行员证书。孙中山曾观看表演，并予赞许。1911年3月，为报效祖国，发展中国的航空事业，他和助手朱竹泉、朱兆槐、司徒壁如等携带两架飞机回国，准备在国内研制飞机。由于清政府态度消极，他的愿望无法实现。但他仍在广州郊区燕塘设置一座临时厂房，继续研制飞机。辛亥革命爆发后，广东军政府飞机队筹建，被任命为飞机队队长，拟由他率队北上作战，因1911年2月清朝皇帝被迫退位，未能成行。1912年8月25日，驾驶自己制造的飞机在燕塘上空作飞行表演时，因飞机操纵系统失灵失事，身受重伤，救治无效牺牲，成为中国第一位驾驶飞机失事的飞行员。为表彰其功绩，11月16日，广东军政府陆军司呈报临时大总统批准，按少将阵亡给予抚恤，安葬于广州黄花岗烈士陵园，其事迹记载于国史馆，为“中国始创飞行大家”，并立碑纪念。 (梁万义)

Gao Zhihang

高志航 (Gao Zhihang, 1908.5.14~1937.11.21)　中国空军抗日殉国将领。原名高铭久，字子恒，辽宁通化(今属吉林)人。1924年，毕业于沈阳中法中学，考入东北陆军军官学校。



翌年8月，赴法国学习航空技术，先后在牟拉纳航空学校和伊斯特陆军航空学校学习。取得军士军衔后，被派往法国兰锡空军第23团见习。1927年1月归国，任东北航空队飞行员、东三省航空学校教官。1931年“九一八”事变后，参加中央航空队。1932年，在杭州笕桥中央航校高级班受训后留任教官。1935年，被派往意大利考察航空，回国后任空军教导总队队副等职。1937年，任空军第4驱逐机大队大队长。同年8月14日，日军飞机大规模空袭杭州地区，在“八一四”空战中，奉令率本大队起飞迎战。空战中，全大队共击落日机3架、击伤1架，首创中国空军击落日机的战绩。其后多次率队与日机作战，屡建战功，晋升为空军驱逐机司令兼第4大队大队长。1937年11月中旬，从兰州接收苏制飞机返抵河南周家口(今周口)机场。21日，遇日机空袭，率队紧急起飞抗击，遭敌机轮番扫射，不幸中弹牺牲。后被国民党政府追晋为空军少将。 (王利民)

Li Guidan

李桂丹 (Li Guidan, 1913~1938)
中国空军抗日殉国将领。辽宁新民人。1929年12月，毕业于辽宁成城中学。1930年12月，考入陆军军官学校第9期。1932年，考入国民政府中央航空学校驱逐科第2期。历任航校教官、空军第4大队第21中队飞行员、中队长。1937年8月14日，日军飞机大规模空袭杭州地区，在“八一四”空战中，与高志航等人共击落日机3架，击伤1架。后升任第4

大队副大队长、代理大队长。在与日军飞机的空战中率先迎敌，屡建战功。1938年2月18日，在保卫武汉的空战中，率5架飞机首先迎战日机，与战友一起接连击落击伤日机12架，后不幸被日机击中，壮烈牺牲。被国民政府追晋为少将军衔。曾获三星星序勋章、七等云麾勋章。在武汉各界为空战牺牲烈士举行的追悼大会上，中共中央和第18集团军代表周恩来等亲自赠送挽联：为五千年祖国英勇牺牲，功名不朽；有四百兆同胞艰辛奋斗，胜利可期。

（王利民）

Li Ruyan

厉汝燕 (Li Ruyan, 1888~1944) 中国近代航空活动家和飞行家。字翼之，浙江定海(今舟山)人。早年随父在英国读书，1909年，毕业于伦敦纳生布敦工业学校。立志从事航空事业，多次吁请清政府重视航空。1910年，入英国布里斯托尔飞机制造厂和该厂所属航空学校学习飞机制造和驾驶技术，毕业后经英国皇家航空俱乐部考试合格，获得飞机师证书。1911年辛亥革命后，受革命军政府委托在奥地利选购两架"鸽"式单翼飞机归国，任上海军政府航空队队长。1912年4月，驾驶"鸽"式飞机在上海江湾跑马场做飞行表演，后任南京陆军交通团团副，下辖飞行营。1913年3月，飞行营调至北京归陆军第3师编制，任随营飞行训练班主任兼修理厂厂长，同年9月任北京南苑航空学校主任教官。1914年3月10～11日，与另外两名飞行员完成了北京至保定间的航线飞行，这是中国航空史上第一次航线飞行。1918年10月，任南苑航空学校校长，后任航空教练所所长、国民政府空军教导总队副队长、中央军校航空班副主任等职。在从事飞行的同时，曾设计制成水上飞机1架。著有《世界航空之进化》、《航空学大意》等。



（王利民）

Lin Weicheng

林伟成 (Lin Weicheng) 中国早期飞行家和航空活动家。旅美华侨，青年时参加孙中山在美国北加州芝古飞行学校培养航空人才的训练班学习，毕业后于1922年底回国。在大元帅府航空局下任第2飞机队队长。1923年4月和11月驾机配合地面部队轰炸、扫射叛军作乱，发挥了重要作用。1926年7月任国民政府航空处处长并随北伐航空队参战。1927年2月率领飞机学校一批飞行人员及学员赴苏联受训，同年11月回国。1927年冬赴法国购买飞机及航空器材，翌年3月因购机受贿被撤职。1931年冬，广西成立民航局被聘任局长。1933年4月5日，广西民航局改编为航空处，继任处长，隶属第4集团军总司令部。1935年9月，航空处并入广西航空学校，任校长。1936年6月1日发生"两广事变"，驾机投奔南京国民党政府。1939年5月任国民政府空军训练监副监兼教育处处长。后亡于车祸。

（陆文至）

Liu Cuigang

刘粹刚 (Liu Cuigang, 1913~1937.10.26) 中国空军抗日烈士。辽宁昌图人。1931年考入国民党中央军校第9期，后转入中央航校第2期驱逐科学习，1934年毕业。1936年任国民党空军第5大队第24队队长。1937年抗日战争爆发后，在保卫南京、上海等地的作战中英勇善战，在两个多月的空战中，驾驶"霍克Ⅲ"型战斗机击落日机10架，被授予七星星序及二等宣威勋章。1937年10月25日夜间受领紧急任务，奉命率3架飞机赴山西太原，掩护八路军攻击娘子关的日军。26日由南京经汉口、洛阳，又冒复杂天气飞往太原，在途中天色已晚，1架僚机因故障折返洛阳，另1架僚机油料耗尽迫降成功，他在迫降过程中，撞在高平城楼的魁星阁上，失事牺牲。国民政府航空委员会在昆明空军军官学校附设"粹刚小学"以资纪念。



（陆文至）

Liu Zuocheng

刘佐成 (Liu Zuocheng,?~1943) 中国早期航空活动家。福建永安人，清末秀才，青年时留学日本工兵航校和早稻田大学。1910年9月回国后，在北京南苑建筑厂棚试制飞机。翌年6月自造飞机第二号成功，飞行时因发动机曲轴损坏坠落失败。1911年11月，武昌都督府成立航空队任队长，同时发起成立航空研究会。1912年6月，南京卫戍司令部第3师交通团成立时任团副，下辖飞行营。1913年3月，随飞行营调到北京，任技师兼教官。1921年3月，创办飞行杂志社。后在北京中央航空司令部任参谋、保定联军航空司令部任航空队队长、航空工厂厂长、航空学校教官、国民党浙江航空总站股长、福州机场场长、永安空军办事处主任等职。1930年编著《中国航空沿革纪略》。1942年因病回老家休养，次年秋患脑溢血去世。



（陆文至）

Pan Shizhong

潘世忠 (Pan Shizhong, 1889~1930) 中国早期飞机设计师和飞行家。上海青浦人。1904年，赴法留学，先后就读于里尔机械专科学校和蓝斯狄伯特生飞行学校，获得国际航空联合会飞行证书。1911年回国后，曾任武汉都督府管理飞行艇事务顾问。1913年9月，北京南苑航空学校开办后，先后任航校航空机械教官和修理厂厂长。同年冬，驾驶飞机对内蒙古多伦地区实施空中侦察，开创中国运用飞机从事军事活动的先例。1914年，设计制造和试飞80马力推进式(发动机装在后部)飞机，飞机头部装有1挺机枪，被称为"枪车"，这是中国最早



自制的武装飞机。同年夏，参加轰炸白朗起义军。1921年2月，任清河航空修理厂厂长。（张军堂）

Qin Guoyong

秦国镛 (Qin Guoyong) 中国早期飞行家。字子壮，湖北咸宁人。1904年，以湖北官费生留学法国，先入预备学校学习法文，后到部队实习。1907年，入三锡陆军学校骑兵科学习，之后奉清政府令改学飞行。于1911年回国，是中国第一个学成回国的飞行员。同年4月6日，驾驶从法国带回的



“高德隆”单座教练机在北京南苑机场作飞行表演，绕场飞行3圈，安全着陆。这是中国人在国内首次驾机飞行。1913年9月，北京政府在北京南苑创办中国第一所正规航空学校，担任首任校长。1914年夏，参加轰炸白朗起义军。1917年7月，与教官姚锡九、鲍丙辰驾机轰炸清宫。1918年10月，辞去南苑航空学校校长职务。1921年2月，任北京政府航空署参事。（张军堂）

Shen Chonghui

沈崇诲 (Shen Chonghui, 1911~1937.8.19) 中国空军抗日殉国烈士。江苏江宁人。1922年起就读于天津南开中学，1932年7月毕业于清华大学土木工程系。同年12月考入中央航校，为第3期学员，毕业后留校任飞行教官，后任空军第2大队中尉分队长。1937年抗日战争爆发后，多次驾驶“诺斯罗普”式轰炸机轰炸日军驻上海附近的军事目标。1937年8月19日驾机从安徽广德机场起飞，随编队飞往长江口外佘山、白龙港一带海面，轰炸日军舰船。当机群飞到上海南汇上空时，所驾驶的飞机突然发生故障，机尾冒出一缕青烟。当时南汇还在中国军队手中，迫降或跳伞都有生还希望，可他和轰炸员陈锡纯杀敌心切，以大无畏的精神，操纵着故障飞机，从2 000米高度对准海面一艘日舰冲撞去，随着一声巨响，飞机和日舰同归于尽，一起沉入大海。他牺牲后被追晋上尉军衔。（陆文至）

Tan Gen

谭　根 (Tan Gen, 1889~?) 中国航空先驱、水上飞机设计师。世界早期水上飞机设计制造者之一。祖籍广东开平。原名德根。1889年出生于美国旧金山，1910年毕业于美国希敦飞机实验学校，获得国际航空联合会第131号驾驶员执照。1910年7月，在华侨资助下，试制成功1架船身式水上飞机，参加在美国芝加哥举行的万国飞机制造大会，获得水上飞机组第一名。



1911~1912年，美陆军聘任其负责空投炸弹的训练，被委任为加州飞机队后备军司令。1913年在孙中山倡议下，一些华侨在美国檀香山创建了中华飞行器公司，被聘为飞机师，先后设计制造水陆飞机3架，并培训出一批飞行员。此后，在夏威夷群岛、南洋和日本各地进行表演，曾飞越菲律宾境内的马荣火山(海拔2 416米)，创造了当时水上飞机的世界飞行高度纪录。1915年，应邀回国，并在广东、香港等地进行飞行表演。同年7月，广东航空学校筹建，就任飞行主任。1916年4月任广东护国讨袁航空队队长，1918年6月参加了讨伐军阀龙济光的战斗。后改行从商，脱离了航空界。（冯　渊）

Wang Zhu

王　助 (Wang Zhu, 1893~?) 中国早期飞机设计师。河北南宫人。1909年8月由清政府派往英国留学，1915年转赴美国麻省理工学院学习航空工程，1916年获航空工程科学硕士学位。毕业后，在美国波音公司任总工程师，成功设计C型水上飞机。1917年12月回国，任飞潜学校教员，培养出中国最早的一批航空工程学员，并设计制造了甲、乙、丙、丁等型水上飞机。1934年任杭州中央飞机制造厂监理，1939年7月任航空研究所副所长。40年代，担任航空研究院副院长，领导设计制造了研教-1、研教-2、研教-3型教练机以及运输滑翔机。1946年担任中国航空公司主任秘书、顾问。60年代于台湾病逝。著有《航空人员之体重与身高》、《等值杂项阻力系数》、《高空马力因子》、《飞机之V字尾》等。



（冯　渊）

Xie Zuantai

谢缵泰 (Xie Zuantai, 1872~1938.4.1) 中国航空先驱。祖籍广东开平。字重安，号康如。1872年出生于澳大利亚悉尼。1887年中学毕业后随父到香港，肄业于香港皇仁书院。西方飞艇飞行的成功引起其研究制作飞艇的兴趣。1894~1899年完成“中国”号飞艇设计，这是中国人最早设计的飞艇



图纸。飞艇的设计以铝为主要材料，在气囊之下悬有艇身。除艇身前后有电动机带动的推进器外，还有3个用计时控制的甲板推进器。为减少阻力增加速度，该艇不用舵面控制方向，而用藏身式钢翼。设计完成后，原准备献给清朝政府，但遭到冷遇，只好将图纸和说明书寄给了英国工程专家马克沁，深受赞赏。他早年参加兴中会从事宣传工作，编辑《南华早报》，并参加了广州起义。1938年4月1日，在香港病逝。著有《中国民国革命秘史》。（冯　渊）

Yan Haiwen

阎海文 (Yan Haiwen, 1916~1937.8.17) 中国空军抗日殉国烈士。国民党空军飞行员。原籍河北昌黎，后移居辽宁北镇(今北宁)。“九一八”事变时，到热河参加救亡工作。1932年7月入东北中学学习，1934年考入杭州笕桥航空学校，

1936年10月毕业分配到国民党空军驱逐第5大队，任少尉飞行员。1937年“七七”事变后，奉命参加淞沪会战。同年8月17日，驾机随队从扬州机场起飞，轰炸上海虹口侵华日本海军陆战队。战斗中，座机被敌人地面炮火击中，跳伞后飘到日军阵地内，被包围，日军冲上来要其缴械投降，他面对众敌，毫无惧色，从容地拔出手枪，击毙5个敌人后自戕，壮烈殉国，年仅21岁。

（冯 渊）

Yang Xianyi

杨仙逸 (Yang Xianyi, 1891~1923.9.20) 中国军事航空先驱。国民党陆军中将。祖籍广东中山。字学华，号铁庵。生于美国檀香山，自幼侨居美国，先在加利福尼亚哈里大学攻读机械专科，后毕业于茄米斯大学航空系，并取得万国飞行协会水陆飞行执照。1918年在美国檀香山担任图强飞机公司董事，同年应孙中山招聘回国筹建飞行队。受家庭及孙中山的影响，青少年时代即参加了同盟会，成为早期会员之一。1919年，援闽粤军飞机队正式成立，任总队长，并率领飞机队多次参加讨伐两广军阀的战斗。1921年，根据孙中山指示，组织一批爱国青年在国外学习航空技术，并购买飞机，充实革命力量。1922年12月，孙中山任命其为广东航空局局长兼修理厂厂长。1923年组织在美国学习的20余名空地勤航空技术人员回国后，主持在广州制造出一架双翼机，孙中山命名为“乐士文”号。曾驾驶该机参加讨伐陈炯明等战役。在辅助孙中山创建中国近代航空事业上卓有贡献。孙中山曾为其亲笔题写“志在冲天”四字。9月20日，在惠州进行水雷改装时，发生爆炸殉难。殉难后，孙中山以大元帅名义发出褒令，表扬其忠烈精神。1931年，经国民党南京政府批准，以其殉难日为“航空纪念日”，并被追授陆军中将。



（冯 渊）

Zhang Huichang

张惠长 (Zhang Huichang, 1899~1980.7.18) 广东军政府空军总司令。广东中山人。字锦威。1914年入美国纽约寇蒂斯航空学校学习。1917年毕业回国。1918年初任大元帅府航空处副处长，曾驾驶飞机协同陆军讨伐龙济光。1920年11月26日夜，和杨仙逸等人驾机轰炸桂军。11月29日，任大元帅府航空局第一飞机队队长。1922年任航空局副局长、代局长。国民党改组后，赴苏联学习。1927年回国，任航空学校第一任校长，后又兼任航空处处长。1928年11月11日，率杨官宇等驾机首次全国长途飞行。1929年8月任南京国民党政府航空署署长、中国航空公司副理事长。1930年蒋、冯、阎大战，曾驾机参战。1931年任广东军政府空军总司令及军事委员会委员。1935年改任政府职务。1949年去台湾。1980年7月18日病逝。（冯 渊）

Zhou Zhirou

周至柔 (Zhou Zhirou, 1899~1986.8.29) 国民党空军首任总司令。浙江临海人。原名周百福，字至柔。1919年入保定陆军军官学校第8期步兵科，1922年毕业后入浙军第2师。1925年，任黄埔军校兵学教官、虎门要塞司令部参谋长。1926年参加北伐，任国民革命军第21师第63团行政官及指挥官。1927年任团长、旅参谋长。1928年任军事委员会第2厅长江上游办事处主任。1930年中原大战后，任第14师师长、第18军副军长。1933年赴欧美考察空军，1934年回国，任国民政府中央航空学校校长。1936年任航空委员会主任。抗日战争时期，历任航空委员会空军前敌总指挥部总指挥、航空委员会参事室主任、航空委员会主任、中央空军军官学校校长兼成都空军参谋学校教育长等职。1946年6月航空委员会改为空军总司令部，任总司令。1949年去台湾。先后任参谋总长兼空军总司令、国防会议秘书长、台湾省主席等职。1986年8月29日，在台北病逝。著有《空军十年》。



（冯 渊）

Zhongguo Renmin Jiefangjun Kongjun yingxiong mofan renwu

中国人民解放军空军英雄模范人物 (CPLA Air Force heroes and models, 1949.11~2004.5) 中国人民解放军空军从1949年11月建立以来，在抗美援朝战争、国土防空作战、保卫国家领空安全、维护国家主权、参加社会主义建设和抢险救灾以及完成各项任务的光辉战斗历程中，涌现出一大批英雄模范人物，他们表现出来的爱国主义、革命英雄主义和艰苦奋斗精神，是鼓舞人们奋发向上的巨大精神力量。

中国共产党中央军事委员会、中华人民共和国中央军事委员会授予荣誉称号的空军英雄模范人物，共13人。他们是：“忠诚战士”陈修文，“科研试飞英雄”王昂、滑俊，“一心为革命的好飞行员”孙安定，“全心全意为人民服务的好干部”范生文，“反劫持英雄”蓝丁寿、张景海，“学习雷锋的光荣标兵”朱伯儒，“试飞英雄”黄炳新，“共和国卫士”周家柱、游德高，“抗洪英雄”高建成，“勇于牺牲奉献的好战士”黄勇。

中华人民共和国国防部授予荣誉称号的空军英雄模范人物，共2人。他们是：“空军战斗英雄”岳振华，“爱兵模范”王裕昌。

中国人民解放军总后勤部授予荣誉称号的空军英雄模范人物，共12人。他们是：“全军劳动模范”吴成年、郑振山、唐永俭、黄澄宇、潘云平、王济民、左有贵、任善纪、许锴、应章泉、孙乐信、孙超群。

中国人民志愿军授予荣誉称号的英雄模范人物，后所在部队转隶空军的，共29人。他们是：“特级英雄”、特等功臣黄继光，“一级英雄”、特等功臣柴云振、崔建国、孙占元，“二级英雄”、特等功臣王彦林、牛保才、邓章德、田立明、龙世昌、刘俊卿、易才学、孙子明、农廷秋、吕慕祥、李宗先、李文彦、陈治国、郑金钵、粟振林、葛洪臣、赖发均，“二级战斗英雄”、特等功臣张瑞臣，“二级狙击英雄”、特等功臣张桃芳，“二级英雄”刘兴文、欧阳代炎、蒋元伦，“二级模范”、特等功臣陈振安、张全合，“二级模范”刘秀珍(女)。

中国共产党空军委员会、中国人民解放军空军授予荣誉称号的英雄模范人

物，共187人。他们是："一级战斗英雄"、特等功臣王海、孙生禄、张积慧、赵宝桐、刘玉堤，"二级战斗英雄"、特等功臣范万章、焦景文、杨振玉、王天保、蒋道平，"二级战斗英雄"李汉、邹炎、高月明、毕武斌、郑长华、韩德彩、吴胜凯、刘建汉、张伟良、宋宗周，"二级模范"钱良生、苏志明、邵长源、耀先、张开宇、宋锡文、孙启芬，"二级模范教员"徐庆春、奚圣章、费述祎，"二级教学模范"周传志，"二级教学工作模范"高宝臣、吴月辉，"二级参谋工作模范"、特等功臣马于民，"二级模范飞行员"宋中文、陈东山、傅宝文，"二级油料工作模范"卢胜林，"二级机务修理工作模范"王德丰、陈培宏，"二级模范护士"宋玉芝(女)，"二级领航工作模范"韩志明，"二级伙食管理工作模范"李琴春，"二级机务工作模范"张振忠、董升，"二级体检工作模范"金济邦， "二级爱民模范"覃永凡，"爱民模范"陈学元、王文成，"爱民模范战士"易宪球，"遵纪爱民模范战士"胡泰松，"二级机要工作模范"鲍忠芳，"二级优秀飞行大队长"王靖安，"空军学习毛主席著作尖兵"丰福生，"空军飞行人员学习毛主席著作尖兵"王江，"空军雷达兵人员学习毛主席著作尖兵"刘凤阁，"空军高射炮兵人员学习毛主席著作尖兵"吴显流，"空军学校人员学习毛主席著作尖兵"王三秀，"空军工程机务人员学习毛主席著作尖兵"游顺生，"空降兵人员学习毛主席著作尖兵"朱尔才，"空军修理工厂人员学习毛主席著作尖兵"易春明，"空军学校学习毛主席著作积极分子"陈昭，"毛主席的好战士"刘庆善，"夜空猎手"王文礼，"空中神炮手"鲍寿根、刘焕刚，"郭兴福式的飞行教练员"黄梦奇，"高射炮兵郭兴福式教练员"蔡产荣，"空军雷达兵郭兴福式教练员"鞠绍奇，"郭兴福式的飞行教员"王虎臣、刘永翔、张寿岭，"郭兴福式的领航教员"王福厚，"郭兴福式的体育教员"洪江海，"郭兴福式的教学干部"杨启富、谢秉正，"郭兴福式的力学教员"侯勉，"优秀女飞行员"诸惠芬，"轰炸射击尖兵"王永贵，"优秀机长"徐柏龄，"刻苦钻研航空理论的积极分子"谢孝达，"领航轰炸尖兵"欧瑞传，"机械师尖兵"夏北浩，"优秀仪表员"史长山，"优秀油机员"蒙华先，"模范招待员"蒋瑞荣，"收报能手"胡明安，"优秀机械员"、特等功臣朱先德，"优秀学员"马凤山、白德宝、薛颖，"技术改进能手"王敏、陈鸿升、李绪祥，"汽车驾驶尖兵"郭成祥，"飞行技术能手"葛文墉，"优秀无线电师"叶鼎才，"优秀军械员"边正宏，"优秀雷达师"沙万田，"百装百准三炮手"黄承安，"铁两秒装填手"朱仁，"优秀四炮手"栾景顺，"神灯手"谢顺才，"雷达兵测高能手"边记忠，"雷达兵比高能手"梁永清，"信号标图尖兵"唐绍荣，"通信兵的好班长"许淑华(女)，"优秀电传打字员"吴全良，"发报能手"刘士甫，"红色管家人"徐宗芝、辛锡，"火焰神枪手"王德善，"雷锋式的战士"吴希有、邓志东、邓金山、李宗社、童江生，"雷锋式的女战士"高东丽，"雷锋式的飞行员"王冠扬，"雷锋式的机务战士"彭正彪，"雷锋式的指导员"任长述，"雷锋式的志愿兵"徐宏福，"学雷锋优秀志愿兵"丁宝良，"学雷锋标兵"白金来，"指导员的好助手"曲长福，"优秀警卫战士"王世秀，"高原气象尖兵"郑成均，"战鹰好向导"何虎祥，"红色译电标兵"张书杰，"护士尖兵"韩玉芬(女)，"优秀护士"张盛梅(女)，"优秀歌手"张映哲(女)，"优秀演员"宋敏，"优秀运动员"廖润甜，"优秀保管员"张经生，"优秀油料保管员"赵金良，"优秀航材保管员"王仰成，"三八农场突击手"杨玉英(女)，"模范职工"王文江，"优秀服务员"牟光英，"五好家属标兵"林淑珍(女)，"优秀飞行员"蒋德秋，"刻苦钻研业务的标兵"王士俊，"无私无畏的英雄"杨梓云，"模范共青团员"余长顺、唐学根，"模范饲养员"张克禄，"爱兵模范"游泽浦，"模范义务兵"张军，"战胜饥寒保护兵器的好战士"曾志明， "热爱飞行事业的好飞行员"李国尧，"反劫持英雄"王贵峰，"军地两用自学成才标兵"唐林根，"振兴中华刻苦读书标兵"王素华(女)，"刻苦攻关的模范军医"罗尚功，"忠于职守勇于献身的优秀干部"周士林，"模范飞行大队长"孙文庆、赵京战、童天云，"模范飞行大队教导员"吴朝安，"模范连长"林树奎、黄康钱、赵元明，"精武模范连长"项广强，"爱兵模范连长"姚华圣，"模范指导员"刘廷海、张华轩、王全洲、裴保全、万双林，"无私奉献的模范干部"邓和平，"模范机械师"徐亚东，"卫国勇士"窦建利、王好新，"模范飞行教员"弓晋强，"模范科技工作者"李小奇，"模范飞行员"梁有义、陈加亮、崔文戈，"模范志愿兵"徐平安，"爱军习武模范战士"单军，"见义勇为英雄排长"孙耀佳，"带兵育人好干部"汤玉龙，"抗洪勇士"张建成、齐晓军，"刻苦钻研新装备的模范干部"席吉虎，"爱岗敬业模范士官"汪家胜。

由其他军兵种和大军区授予荣誉称号的空军英雄模范人物，共3人。他们是：

"二级肃特模范"袁太祥，"优秀营长"袁福祥，"二级工作模范"李永泰。

虽未授予荣誉称号，但事迹突出，在全国全军有重大影响，荣立特等功的有：罗沧海、华龙毅、孙忠国、逯松亭、陈亮等；荣立一等功的有：樊玉祥、房福堂、杜凤瑞、周春富、吕祥璧、李鹏礼等。

空军英雄模范人物是空军广大官兵的杰出代表。他们的鲜明特征是：具有崇高的理想，坚定的信念，高尚的品格，英雄的气概，优良的作风和艰苦奋斗、无私奉献、刻苦钻研、勇攀高峰、乐于助人、见义勇为的革命精神。弘扬英模人物的事迹，在部队进行光荣传统教育，对促进空军革命化、现代化、正规化建设和社会主义政治文明、精神文明建设，逐步实现由国土防空型向攻防兼备型转变，全面提高实战能力，起到积极作用。

(胡应征)

Anuode

阿诺德，H.H. (Arnold, Henry Harley, 1886.6.25~1950.1.15) 美国空军创建人之一，陆军航空队司令，空军五星上将。生于宾夕法尼亚州格拉德维恩，1903年入西点军校，1907年毕业后在美军步兵部队服役。1911年，调往通信兵。后在莱特飞机公司接受飞行训练，成为美国第29位有执照的飞行员。1912年，因创造1 990米飞行高度纪录而享誉全国。1917年，被任命为通信兵航空处行政长官，军衔晋升为上校，时年31岁，系美国陆军中最年轻的上校。1918年5月，任军事航空



处主任助理。1926～1928 年在马歇尔基地任指挥官。1929 年毕业于美国陆军指挥参谋学校。1935 年，被任命为总司令部航空兵第 1 联队指挥官，晋升为准将。1939 年，任美国陆军航空队司令，主持制订美国空中战争计划。随后他被任命为负责航空兵事务的陆军副参谋长，成为第一个在美军总参谋部工作的航空兵人员。珍珠港事件后，阿诺德成为美国参谋长联席会议和美英联合参谋部成员，负责对全球范围内美国空中力量的作战行动实施战略指导，指挥和协调美英对德国的战略轰炸，组织实施持续的全球战略空运，并将对德作战经验成功地用于对日战略轰炸。同时，在本土领导建立庞大的空中力量训练与后勤保障体系。坚持用科学的方法指导空中作战，1942 年，下令组建第一个军事运筹学委员会，运用科学的方法对选定的战略轰炸目标进行综合评估并优化突防战术，取得显著效果。1944 年 12 月，阿诺德被授予陆军五星上将军衔。1946 年 3 月退休。1949 年 5 月，被授予空军五星上将军衔，他是唯一一名享有该军衔的美国空军军官。阿诺德的重要贡献在于突出了空中力量在国家安全中的战略地位，强调高素质的空军人员，在空军装备中广泛应用新的技术以及在作战中拥有绝对的数量与质量优势是赢得空中作战胜利的关键性因素。主要著作《全球使命》。 （王明志）

Asade

阿萨德, H. (Assad, Hafiz al-, 1930～) 阿拉伯叙利亚共和国国务活动家和政治家，叙利亚总统，阿拉维派穆斯林。1930 年生于贾尔巴村，出身于农民家庭。中学时加入社会主义复兴党。1955 年毕业于阿勒颇航空学院，1963 年 3 月任空军团长，12 月任空军和国土防空军司令。1965 年毕业于叙利亚武装力量指挥参谋学院。1966 年阿拉伯复兴社会党左翼执政，阿萨德被任命为阿拉伯叙利亚共和国国防部长，同时保留空军和防空军司令的职务。1967 年阿以战争期间，身任国防部长的阿萨德承担了叙方失败的全部责任。1968 年晋升大将军衔。1970 年 11 月 21 日就任总理，兼国防部长。1971 年 3 月 12 日，全民投票选举阿萨德为阿拉伯叙利亚共和国总统。1972 年 3 月成立的阿拉伯叙利亚共和国进步民族阵线阿萨德任主席。阿萨德于 1973 年 10 月领导了叙利亚军队抗击以色列侵略的战斗行动。阿以战争的结果使他成功地通过外交从以色列手中收回戈兰高地的库内梯腊。埃以达成关于以色列从西奈半岛部分撤军的协议后，他提出以色列必须同时与巴勒斯坦谈判，否则拒绝作进一步对话。为结束黎巴嫩内战，1976 年阿萨德出兵约 2 万，这是“阿拉伯威慑力量”的重要组成部分。他与伊拉克结为联盟，反对戴维营协议。 （赵德平）

Andongnuofu

安东诺夫, O.K. (Антонов, Олег Константинович, 1906.1.25～1984.4.4) 苏联飞机设计师。生于莫斯科附近的特罗依兹村。安东诺夫 1930 年毕业于列宁格勒加里宁工程技术学院。1946 年主持飞机设计局。早期曾设计滑翔机，后转入运输机设计。他领导设计的活塞式农业飞机安－2 型获得了广泛的应用。以后领导设计安－10、安－24、安－12、安－22 等大、中型涡轮螺旋桨式运输机。安东诺夫 1966 年获社会主义劳动英雄称号，1968 年被选为乌克兰科学院技术科学院士。曾当选为苏联最高苏维埃第 5～9 届代表，获苏联国家奖金和列宁奖金，两次获列宁勋章。于 1984 年 4 月 4 日逝世。 （程不时）



Aohaiyin

奥海因, H.-J.P. (Ohain, Hans-Joachim Pabst von, 1911.12.14～) 德国发动机设计师、涡轮喷气发动机创始人。生于德绍，30 年代在格丁根大学学习应用物理和空气动力学。1935 年在大学读书时取得离心式涡轮喷气发动机专利，同年获物理学博士学位。1936 年进入 E.H. 亨克尔飞机工厂，着手制造第一台以氢气为燃料的涡轮喷气发动机 Hes－1 型。1937 年 3 月，Hes－2 型涡轮喷气发动机试验成功。同年开始研制以汽油为燃料的燃烧室，1938 年初取得成功。1939 年春制成实用型涡轮喷气发动机 Hes－3B 型，推力为 4.45 千牛(454 公斤力)。他又与 E.H. 亨克尔合作研制成世界上第一架涡轮喷气发动机推进的喷气飞机 He－178 型。1947 年，奥海因与美国空军签订合同，赴美进行空气喷气发动机的研究工作，后任俄亥俄州莱特—帕特森空军基地航空航天研究实验室的首席科学家。后退休。 （史超礼）



Boyin

波音, W.E. (Boeing, William Edward, 1881.10.1～1956.9.28) 美国飞机设计师和企业家。生于底特律。1902 年毕业于耶鲁大学。1915 年作为业余爱好者在洛杉矶的格伦·L·马丁学校学习飞行，同年与一海军军官合作研制双座双浮筒 B & W 式水上飞机。1916 年驾驶这架飞机作首次飞行，随即创办了太平洋航空产品公司(1917 年改称波音飞机公司，1961 年改称波音公司)。从 20 年代至 40 年代中期，主持设计制造多种军用和民用飞机，其中最著名的有 1935 年开始生产的 B－17“空中堡垒”和 1942 年制成的 B－29“超级空中堡垒”轰炸机，在第二次世界大战中发挥了重要作用。第二次世界大战后，继续组织研制、生产 B－47、B－52 重型轰炸机和 KC－135 型空中加油机等。1956 年 9 月 28 日在西雅图逝世。 （袁维城）



Buleigai

布雷盖, L.C. (Breguet, Louis Charles, 1880.1.2～1955.5.4) 法国飞机设计师和企业家、直升机先驱。生于巴黎。早年研究直升机。1907 年 8 月制造出的第一架直升机首次飞离地面，但由于稳定和操纵性差，不能自由飞行。后转而从事飞机研制。1909 年制成第一架双翼机，1911 年建立布雷盖飞机公司。第一次世



界大战期间研制出卓越的军用飞机“布雷盖”XⅣ型，战后又研制成“布雷盖”XⅨ型并于1930年实现洲际远程飞行。30年代，布雷盖致力于水上飞机的研制，同时还制造出一种旋翼机。50年代初期研制成名为“双层甲板”的军民两用运输机。布雷盖飞机公司于1971年与达索飞机公司合并为达索—布雷盖飞机公司。1955年5月4日在圣日耳曼昂莱逝世。 （杨常修）

Chen Nade

陈纳德，C.L. (Chennault, Claire Lee, 1890.9.6～1958.7.27) 美国陆军第14航空队司令，空军中将。生于得克萨斯州康梅斯城。1917年应征入伍，任通信兵。



第一次世界大战结束后，开始学习飞行，1919年获得飞行员资格。1921年8月调入美国陆军第46战斗机中队任飞行员。1923年任第19战斗机中队指挥官。1929年4月任布鲁斯基地飞行主任。1931年从陆军航空队战术学校毕业后留校任教官。1936年晋升少校，任马克斯韦尔基地训练主任。1937年4月，在美国陆军和陆军航空队服役20年的陈纳德，因听力不好退役。同年，中国抗日战争爆发，应聘来华任国民政府航空委员会顾问，帮助中国建设一支有战斗力的空军。1941年8月初，由110名飞行员、150名机务人员和后勤人员组成的美国志愿航空队正式成立，陈纳德任队长，号称“飞虎队”。下辖3个战斗机中队，装备124架P－40B型战斗机。12月初，“飞虎队”结束为期4个月的战前训练，开始投入作战。“飞虎队”采用小编队出击战术，先后击落炸毁日机近300架。因战绩卓著，1942年美国志愿航空队编入美国陆军第10航空队，并转为驻华航空特遣队。1943年3月改编为美国陆军第14航空队，陈纳德任司令，晋升为少将。抗日战争中，率部参加对日空战，保卫从缅甸仰光至昆明的滇缅公路交通安全，协助中印缅战区空运司令部开辟从印度到中国西南著名的“驼峰”空中运输线。1945年10月退役。1946年重返中国，帮助国民党政府组织民用航空公司，曾协助空运、侦察和轰炸解放区。1950年离开中国。1958年7月晋升为中将后逝世。 （管有勋）

Dasuo

达索，M. (Dassault, Marcel, 1892.1.22～) 法国飞机设计师和企业家。生于巴黎。原名M．布洛赫。1913年毕业于法国国立高等航空学校。1915年他研制成功的



螺旋桨，曾用在法国飞机上。在两次世界大战之间设计过多种运输机和轰炸机。第二次世界大战前夕设计的战斗机MB－150、MB－174和MB－157型达到710千米/时的速度。第二次世界大战期间达索被德国盖世太保监禁。1945年被释放，后重新从事飞机设计。先后领导设计和制造的飞机有“暴风”、“神秘”、“超神秘”、“军旗”、“幻影”3系列、“幻影”4系列和“幻影”2000等。其中1961年开始服役的“幻影”Ⅲ是战后最成功的两倍于音速的战斗机之一，截至1982年1月向国内外共销售1 405架。 （王钟强）

Daoding

道丁，H.C.T. (Dowding, Hugh Caswall Tremenheere, 1882.4.24～1970.2.15) 英国空军上将。生于苏格兰邓弗里斯的莫法特。在温彻斯特和桑赫斯特皇家军事学院接受教育。1900年毕业后，在炮兵部队任少尉。1910～1912年在坎伯雷皇家参谋学院学习，期间对军用航空产生兴趣。1912年获得飞行执照，1914年转入皇家陆军飞行队服役。第一次世界大战时为皇家航空队中队长。1915年晋升中校。



1917年晋升准将。1922～1925年任英格兰南部的第1航空大队队长。1925～1926年任伊拉克军区参谋长。1926～1929年任空军部训练局局长。1929年，巴勒斯坦和约旦发生骚乱期间，任驻该地区皇家空军司令。1930～1936年任航空研究与发展委员会委员，主持战斗机司令部工作，负责领导皇家空军的建设与发展。他大力推进雷达以及新式战斗机的研制和发展。1936年7月任皇家空军战斗机部队总司令，晋升上将，在任期间强化了空军的组织体制，强调雷达和无线电通信的作用。在1940年7月8日～10月30日“不列颠之战”期间，负责对不列颠领空实施有效的防御，对于击败德国空军的入侵作出重大贡献。虽然当时英国的飞机数量少于德国，但是他所采取的战略战术却足以保持空中优势和粉碎德国的意图。1941～1942年任飞机制造部驻美国代表团成员。1942年退出现役。 （杨宇杰）

Duhei

杜黑，G. (Douhet, Giulio, 1869.5.30～1930.2.15) 意大利军事理论家，制空权理论创始人，意大利航空部部长。生于意大利南部卡塞塔一个军人世家。1888



年毕业于意大利陆军炮兵学校，后考入都灵工程学院学习高级电工技术，继而被选送陆军指挥与参谋学院深造，毕业后调入意军统帅部任职。1904年，被任命为意大利陆军第一支摩托车营营长，1909年，在罗马《准备报》上发表题为《航空问题》的文章，首次提出制空权与制海权具有同等重要的地位，认为航空兵的作用将日益增大，预测将要出现与陆、海军平等的独立空军。1912年被任命为驻都灵的

意大利第一个航空营营长，发表《1913年战争中飞机的使用原则》一书，这是第一本关于空中力量作战理论的专著。后与航空企业家卡普罗尼合作，在意军航空营修理厂研制出装3台发动机的重型轰炸机。第一次世界大战期间，杜黑任山地作战主力部队米兰师参谋长，力主建立一支由500架卡普罗尼轰炸机组成的航空兵部队，对奥匈帝国战略后方实施轰炸，这一观点对意军组建执行轰炸任务的AR支队产生重要影响。1916年，杜黑致函统帅部，对意军作战指导以及对航空兵的错误使用提出公开批评。意军统帅部以违反军纪为由，对其进行军法审判并处1年监禁。杜黑在服刑期间起草组建协约国联合航空兵部队对奥匈帝国进行大规模空中轰炸的详细计划。1917年意军在卡波雷托惨败，证明杜黑此前的批评是正确的，因此获释后不久即于1918年初被任命为意大利陆军航空局技术勤务处处长，但因装备发展问题与上级意见相左而辞职并退役。1920年底，意大利军事法庭为杜黑平反。1921年，意大利陆军请杜黑重返陆军并授予少将军衔，同年正式出版《制空权》一书。1922年10月，作为军方成员参加墨索里尼领导的法西斯党进军罗马的行动，后出任法西斯党政府航空部部长。2年后辞去所有公职，专心著书宣传空中力量思想。1927年修订再版《制空权》一书；1928年4月发表《未来战争的可能面貌》；1929年11月发表《扼要的重述》一文；关于未来战争的预测性文章《19××年的战争》一文在其逝世后1个月发表于《航空技术杂志》。上述著作集中体现杜黑的学术观点，被许多国家翻译出版，对各国空军学术思想的发展产生重要影响。杜黑对现代军事思想的主要贡献表现在：①提出现代战争是总体战的观点，并以此作为其学术思想体系的逻辑起点，构建全新的战略思想、作战理论和与之相应的力量结构。这一观点比鲁登道夫提出的总体战思想早15年。②最先给出制空权的经典定义，并将夺取制空权作为进行战争的基本原则。认为积极的进攻行动不仅是夺取制空权的重要方法，也是掌握战争主动权的前提。③将独立空中作战作为未来战争中战略行动的主要样式，认为空中战场是决定性战场。④强调国防力量建设必须以空军为重点。认为除非拥有一支在战争中能夺取制空权的空军，充分的国防就不可能得到保证。⑤重视加强国家航空工业和民用航空的建设。认为这是建立强大空中力量的基础。战争实践证明杜黑上述理论观点是基本正确的，同样也证明杜黑理论观点也有偏颇之处。如夸大空军的作用，贬低陆军和海军的价值；只强调绝对制空权，否定局部制空权；过于强调空中战场的决定性作用，没有看到航空武器的发展同时亦使陆上及海上作战发生根本性的变化；只强调独立空中作战，反对将空军用于支援地面(海上)部队作战；只强调空军的进攻性作用，否定防空的价值等。但杜黑在现代空军学术思想发展中仍具有重要的历史地位。

（王明志）

Gelin

戈林，H. (Goring, Hermann,1893.1.12~1946.10.15) 德国元帅，航空部长兼空军总司令，纳粹主要战犯之一。出生于德国巴伐利亚的罗森海姆，1911年毕业于柏林—里希特菲尔德军官学校。第一次世界大战爆发时，任飞行员。1916年首次参加空战，担任过飞行中队长、大队长，1918年6月2日获得威廉皇帝颁发的最高勋章。战后离开德国，在瑞典充任民营航空驾驶员。1922年追随希特勒加入民族社会主义德意志工人党(即纳粹党)，并任“暴风冲锋队”队长。1923年11月9日参加希特勒在慕尼黑的未遂政变中受重伤，在当局追捕下逃往奥地利，1927年返回德国后，被选为国会议员。1932年当选议长。1933年希特勒委任他为国务部长、负责飞行的全权代表和普鲁士内务部代理部长。1935年3月1日德国正式公开重建空军，戈林任航空部长兼空军总司令。1936年成为第三帝国“四年计划”的全权执行人，以实现德国军队必须在4年内具有“随时可供使用的能力”。1936年派出“秃鹰志愿军兵团”赴西班牙，支援佛朗哥反政府军的作战，检验德国空军部队的作战能力和武器装备。1937年取代沙赫特任经济部长。1938年3月1日希特勒授予他“陆军元帅”头衔，11日他决定采用武力威胁手段吞并奥地利并直接指挥整个行动。



戈林是第二次世界大战主要战争罪犯之一。在战争中德国空军兵力达到200万人。1939年9月1日，在德国进攻波兰战争开始的第一天，希特勒在国会宣布戈林为其第一继承人。德国空军在对波兰、荷兰、法国等发动的闪击战中发挥巨大作用，1940年希特勒授予戈林“大铁质十字勋章”和任命他为“帝国元帅”。德国空军在尔后对英国、苏联的作战中；在北非、地中海的作战中；在抗击英美的战略轰炸作战中，都不断遭到失败。1945年4月22日，他提出接任帝国的全部领导权，次日被党卫队逮捕，6天后希特勒开除他出党。德国战败，5月7日被美军俘虏。在纽伦堡国际军事法庭上被判死刑，1946年10月15日自杀身亡。 （崔连祥）

Gubianke

古边科，A.A. (Губенко, Антон Алексеевич, 1908.1.30~1939.3.31) 苏联英雄，上校，在中国首次实施空中撞击的歼击机飞行员。又译古班科、古宾科。全名古边科·安东·阿列克谢耶维奇。生于俄罗斯帝国顿涅茨克州沃尔诺瓦哈区奇切里诺村。1928年毕业于列宁格勒飞行员军事理论学校，1929年毕业于塞瓦斯托波尔军事飞行员学校。历任歼击航空兵飞行员、中队长、支队长和飞行教官。1936~1937年志愿参加西班牙人民民族革命战争。1937年8月21日，苏联政府决定向中国提供军事援助，派遣空军志愿队来华，支援中国抗日。1938年3~8月古边科志愿到中国，同中国人民一道抗击日本侵略者，先后击落敌机5架。在1938年5月31日武汉大空战中，古边科驾驶И-16型歼击机与日机空战，炮弹耗尽，驾机撞落日本战斗机1架，自己驾驶受伤飞机安全返回基地。1938年8月任白俄罗斯军区空军副主任。1939年2月22日被授予苏联英雄称号。同年3月31日在俄罗斯联邦斯摩棱斯克因公殉职。曾获列宁勋章2枚、红旗勋章1枚和中国颁发的金质勋章1枚。

（王寿沛）

Heliujin

赫留金，T.T. (Хрюкин, Тимофей Тимофеевич, 1910.6.8~) 苏联空军副

总司令，空军上将，苏联英雄。生于克拉斯诺达尔边疆区叶伊斯克市。1929年加入苏联共产党。1932年参军。毕业于卢甘斯克军事飞行员学校(1933)。1933年任飞行员，后任航空兵中队长。西班牙人民民族革命战争时期，1936～1937年在西班牙共和国军队中当轰炸机飞行员，后任航空兵支队长。因作战英勇，荣获红旗勋章。1938年志愿赴中国同日本军国主义者作战，曾任航空兵大队长、轰炸机群群长。因出色完成任务，被授予苏联英雄称号。1939～1940年苏芬战争期间，任第14集团军空军司令。卫国战争开始时，任第12集团军空军司令。1941年8月起任卡累利阿方面军空军司令，为组织空军在北方条件下作战，做了大量工作，使空军协同国土防空军为基洛夫斯克铁路和摩尔曼斯克提供了可靠的空中掩护。1942年6月任西南方面军空军司令，在极端复杂的情况下指挥空军在斯大林格勒近郊作战，与此同时完成了组建空军第8集团军的任务。1942年6月～1944年7月指挥第8集团军参加斯大林格勒会战和解放顿巴斯、第聂伯河右岸乌克兰地区和克里木的作战。1944年7月起任空军第1集团军司令，被授予空军上将军衔，在白俄罗斯第3方面军编成内参加了解放白俄罗斯、波罗的海沿岸地区的作战、东普士战役等。卫国战争后，1946～1953年，任空军副总司令。曾获列宁勋章、红旗勋章、苏沃洛夫勋章、库图佐夫勋章、赫梅利尼茨基勋章、卫国战争勋章和红星勋章多枚。 (赵德平)

Heng ke'er

亨克尔，E.H. (Heinkel, Ernst Heinrich, 1888.1.24~1958.1.30) 德国飞机设计师、喷气式飞机先驱。生于格朗巴赫。1911年毕业于斯图加特工艺学院，同年试制出经过改进的法尔芒双翼机。从1912年至第一次世界大战后期亨克尔担任欧洲几家飞机公司的工程师和技术顾问，以设计军用飞机闻名。1922年组建亨克尔飞机工厂，研制和生



产各种轰炸机、旅客机和水上飞机。亨克尔设计的飞机在两次世界大战中均得到使用。亨克尔的主要贡献是发明喷气式飞机，他从1935年起与火箭专家W. von布劳恩合作研制火箭飞机，1937年研制成的He－112型火箭飞机单独使用火箭发动机试飞成功。1939年研制的He－176型，飞行时速达880千米。同年8月，又与H.－J. P. von奥海因合作研制成世界上第一架涡轮喷气发动机飞机He－178型，于1939年8月27日试飞成功。1955年他在施佩耶尔重建亨克尔飞机制造有限公司。1958年1月30日在斯图加特逝世。 (何述章)

Jiajialin

加加林， Ю.А. (Гагарин, Юрий Алексеевич, 1934.3.9~1968.3.27) 人类历史上首次完成航天飞行的苏联宇航员，苏联英雄。生于格扎茨克区(今斯摩棱斯克州加加林区)克卢希诺镇。1951年毕业于铸造技工学校，1955年参军。1957年从契卡洛夫第一军事航空飞行员学校结业，同年成为红旗北方舰队航空兵部队歼击机飞行员。1960年被选入苏联航天队，接受严格训练，同年加入苏联共产党。1961年4月12日驾驶"东方"号航天飞船完成世界上首次航天飞行。该飞船于当日莫斯科时间9时零7分从拜科努尔发射场起飞，以1小时48分绕地球飞行1圈，安全返回地球，开辟了人类开拓宇宙空间的时代。"东方"号航天飞船降落在苏联萨拉托夫州斯梅洛夫卡村地区(今建有纪念碑)。1961年4月14日授予他苏联英雄称号。曾当选为苏联第六、七届最高苏维埃代表，苏联列宁共产主义青年团中央委员。1966年起为国际星际航行和宇宙空间研究学会名誉会员。获列宁勋章1枚。1968年3月27日，加加林在练习飞行时，因飞机失事遇难。为纪念他，俄罗斯联邦最高苏维埃主席团将格扎茨克市改名为加加林市。莫斯科的一个区命名为加加林区。月球背面一环形山也以他的名字命名。 (管有勋)



Kaisailin

凯塞林，A. (Kesselring, Albert, 1885.11.20~1960.7.16) 德国陆军元帅，纳粹战犯之一。生于德国马克施泰特，1906年参军服兵役。参加过第一次世界大战，战后在德国国防军中供职。以希特勒为首的纳粹分子在德国掌权后，凯塞林受到重用。1933年起参与发展空军工作，1936年任空军参谋长兼空军第3军区司令。1938年2月调任第1航空队司令，在1939年9月1日开始侵略波兰的战争中，指挥第1航空队并与第4航空队协同，对机场、交通枢纽、经济和行政中心发动空袭，揭开了第二次世界大战的战幕。1940年任第2航空队司令，在5月10日至6月24日对西欧诸国实施的闪击战中，指挥第2航空队遂行多种作战任务，对占领荷兰、比利时和法国大部领土发挥了重要作用。5月27日至6月1日，第2航空队参加轰炸由敦刻尔克撤退的英法军，遭到很大损失。1940年7月，凯塞林被提升为陆军元帅。在1940年7月～1941年5月的"不列颠之战"中，凯塞林指挥的第2航空队遭到英国空军的沉重打击。1941年5月底，参加实施进攻苏联的"巴巴罗萨"计划，担负主要进攻方向作战任务。第2航空队在6月22日入侵战争的第一天，首先突击苏联机场，炸毁大批飞机。尔后支援和掩护中央集团军群向莫斯科方向进攻，对明斯克、奥尔沙、斯摩棱斯克等城市进行狂轰滥炸，并多次参加对莫斯科的空袭。同年12月任南方战线德军总司令，参与指挥德、意军队在北非和意大利的作战行动。1942年3月他下令开始对英军固守的马耳他岛实施空袭。1943年11月任西南战线总司令，指挥德军在地中海地区作战。1945年3月接任西线德军总司令，4月受命指挥南部德军，5月7日率部投降。由于他在第二次世界大战中所犯的罪行，经英国军事法庭审讯，1947年5月被判处死刑，同年10月改判无期徒刑。1952年10月获释后，积极参加复仇主义组织的活动。著有《戎马一生》。鼓吹复仇主义思想。 (崔连祥)



Kulishenke

库里申科, G.A. (Кулишенко, Григорий Акимович, 1903~1939) 苏联飞行大队长，空军少校。生于乌克兰。1939年，他和考兹洛夫受苏联政府派遣，率两个“达沙式”轰炸机大队来华援助抗日，任苏联空军志愿队轰炸机大队大队长。同年夏秋，曾3次率轰炸机群袭击被日军占领的武汉机场，共摧毁日军飞机136架。10月14日，库里申科接到作战任务，出击被日军占领的武汉机场，他立即率队驾机飞临武汉上空，遭受日军机群的拦截。他沉着指挥，对日机展开攻击，击落6架日机后，敌3架米式战斗机包抄库里申科的领航机，他的飞机遭到重创后冲出重围，驾驶严重受损的飞机，沿着扬子江向驻地返航。到达万州上空时，机身失去平衡，无法控制。他用高超的技术操纵飞机，平稳迫降在扬子江面，机上的轰炸员和射击员跳水后获救，而库里申科因伤势过重未能跳出机舱，壮烈牺牲。 （陈元卿）



Kutahuofu

库塔霍夫, П.С. (Кутахво, Павел Степанович, 1914.8.16~1984.12.3) 苏联军事家，空军主帅。生于罗斯托夫州。1935年参加苏联红军。毕业于斯大林格勒军事飞行员学校、总参军事学院。曾任航空兵中队长。参加过1939年苏军解放西乌克兰和白俄罗斯的作战。在1939～1940年苏芬战争中，完成131次战斗出动。卫国战争期间，在列宁格勒和卡累利阿地区作战，任航空兵大队副大队长、大队长。为表彰他的功绩，1943年5月1日授予苏联英雄称号。1944年5月任近卫歼击航空兵团团长。在第二次世界大战期间，他本人完成战斗出动367次，参加空战79次，击落敌机14架。战后历任航空兵师长、军长，敖德萨军区空军副司令、司令等职。1967年7月，任空军第一副总司令。1969年3月，任苏联国防部副部长兼空军总司令。他为发展苏联空军和航天事业作出较大贡献。1966年获苏联功勋军事飞行员称号。1971年起为苏共中央委员。苏联第八、九届最高苏维埃代表。获列宁勋章2枚、十月革命勋章1枚、红旗勋章5枚、亚历山大·涅夫斯基勋章1枚、一级卫国战争勋章1枚、红星勋章2枚等。 （管有勋）



Laite Xiongdi

莱特兄弟 (Wright, Wilbur, 1867.4.16~1912.5.30; Wright, Orville, 1871.8.19~1948.1.30) 航空先驱，世界上第一个实用的、有动力的重于空气飞行器的发明者。他们的发明被称为20世纪最伟大的科技成就之一。



威尔伯·莱特



奥维尔·莱特

生于美国印第安纳州米尔维尔一主教之家。1899年，莱特兄弟从报纸上了解到德国的李林塔尔和美国的夏尼特先后进行滑翔试验后，对飞行发生兴趣。他们通过各种渠道收集有关飞行器制造的信息并进行潜心研究。1899～1900年间进行多次风筝和系留滑翔机的飞行试验，1901～1902年间完成滑翔机的自由飞行，初步掌握基本飞行原理，并解决飞行器结构、安定性和操纵方面的若干难题，掌握飞机安定性与操纵性的相互关系，自行建造风洞进行试验，分析并积累大量数据。在充分总结前人经验的基础上，莱特兄弟终于成功地研制出飞机。1903年12月17日，奥维尔·莱特驾驶装有4气缸发动机的飞行者Ⅰ号，在北卡罗莱纳州基蒂霍克成功地进行人类历史上首次有动力的、可操纵的持续飞行，飞行时间12秒，距离37米。当天共进行4次飞行，平均飞行速度为49.88千米/时。第4次由威尔伯·莱特驾驶，飞行59秒，距离约260米。这一天的飞行在人类航空史上具有划时代的意义。到1905年，他们又制造2架飞机，并改进飞机设计，提高飞机的可靠性，改善飞机的操纵性，增大飞机的航程。1906年，他们的发明在美国获得专利。1907年，莱特兄弟为美国陆军通信兵研制第一架军用飞机，同年9月3日在弗吉尼亚迈尔斯堡进行首次公开飞行表演，引起媒体极大关注。但同年9月17日，该机在表演中发生飞行事故，美国陆军通信兵飞行员塞尔弗里奇当场身亡，奥维尔·莱特身负重伤。1908年8月起，威尔伯·莱特在欧洲广泛进行飞行表演，显示出莱特兄弟研制飞机与欧洲国家相比占有明显技术优势，并于当年12月31日创造续航时间2小时20分，距离125千米的世界纪录。1909年建立美国莱特公司，从事飞机制造和飞行员训练工作；此时，莱特公司的飞行设计与制造技术保持着世界领先水平。1907年7月30日，美国陆军通信兵接收并装备莱特公司制造的第一架军用飞机，并于当年秋天在马里兰州建立美军第一所航空学校。1912年，威尔伯·莱特因感染伤寒逝世，奥维尔·莱特独自从事飞机设计与制造工作。第一次世界大战中，奥维尔·莱特担任美国航空勤务队顾问，为设计及大规模生产军用飞机作出重要贡献。1948年，奥维尔·莱特在戴顿逝世。莱特兄弟在航空方面的主要著作为2卷本《威尔伯和奥维尔论文》。

莱特兄弟在航空方面的主要贡献在于：设计和制造了实现动力飞行所必需的螺旋桨和轻型发动机；建立了绕三轴对飞机进行俯仰、横侧和方向操纵的空气动力学和飞行操纵理论；创造了设计和制造飞机的试验方法(包括风洞试验)。在军事航空方面，他们较早地认识到飞机的军事价值，曾于1905年1月致函美国陆军部，力促发展军事航空，1907年8月，美国在陆军通信兵中建立航空处。 （王明志）

Luoyisi

罗伊斯, F.H. (Royce, Frederick Henry, 1863.3.27~1933.4.22) 英国航空发动机设计师和企业家。生于英格兰的阿尔



沃尔顿。青少年时代做工谋生并坚持自学。1882年成为电气工程师。1906年与C. S. 罗耳斯合办罗耳斯·罗伊斯有限公司，主要生产汽车。1914年开始设计和生产航空发动机。在罗伊斯的直接主持下先后设计成功"雕"式、"鹰"式、"隼"式等多种活塞式航空发动机。第一次世界大战中英国使用的航空发动机半数以上是罗耳斯·罗伊斯公司的产品。罗伊斯逝世前参与研制的R型发动机装在休浦马林公司S. 6B飞机上，于1931年创造了655.8千米/时的世界速度纪录。在这种发动机的基础上后来发展出"默林"式发动机，成为第二次世界大战开始时英国"喷火"式主力战斗机的动力装置。1933年4月22日在英格兰的维特林逝世。 (李大立)

Maluoli

马洛里, L. (Mallory, Leigh, 1892.7.11~1944.11.14) 英国空军上将。生于英国柴郡莫伯利。1914年毕业于剑桥大学。第一次世界大战初期在陆军服役，1916年起在航空队服役。第一次世界大战中荣获皇家优异飞行勋章。第二次世界大战时期，曾任航空兵大队长，指挥第11和第12战斗机大队，参加过不列颠群岛对德国空军的防御作战。1942年11月~1943年12月任英国战术空军司令。并于1943年起任驻西北欧盟国空军司令，指挥战术空军部队支援盟国远征军。被授予上将军衔。1944年保障同盟国军队在法国登陆和进攻。1944年10月任驻东南亚盟国联合空军司令。1944年11月14日因飞机失事身亡。 (王海瑛)

Meisaishimite

梅塞施米特, W. (Messerschmitt, Willy, 1898.6.26~1978.9.15) 德国飞机设计师和航空企业家。生于法兰克福。1923年创办梅塞施米特飞机制造公司，1936年任德国不伦瑞克航空研究院院长。第二次世界大战期间成为纳粹德国最大的飞机厂商之一，设计制造了多种飞机。著名的有单活



塞式发动机战斗机Bf.109型，是世界上生产数量最多的飞机之一。Bf.109V－1型飞机于1939年4月26日创造了755千米/时的世界速度纪录。梅塞施米特公司生产的Me－163型火箭飞机1941年首次突破1 000千米/时的速度。世界上第一种实用并成批生产的单座双发动机喷气军用飞机Me－262型，曾在第二次世界大战末期使用。战后，梅塞施米特曾侨居西班牙，设计过HA－100、HA－200型教练机和HA－300型超音速战斗机。1978年9月15日在慕尼黑逝世。 (沈 漳)

Migaoyang

米高扬, А.И. (Микоян, Артем Иванович, 1905.7.23~1970.12.9) 苏联飞机设计师。苏联科学院院士。生于亚美尼亚图马尼扬区萨纳因镇。1936年毕业于茹科夫斯基空军工程学院。1938年任波利卡尔波夫飞机设计室副主任。1940年任设计室主任设计师。同年与M.I.古列维奇共同研制出米格－1型歼击机，并建立独立的飞机设计局。1946年研制出苏联第一架喷气式歼击机米格－9型。1947年领导研制成性能优越的米格－15型后掠翼歼击机，后又设计生产出米格－19和米格－21等型超音速歼击机。1964年领导设计米格－23型变后掠翼多用途歼击机。他所领导设计的E－66、E－166和E－266等型试验飞机曾创造出多项世界飞行纪录。1967年被授予工程技术勤务上将军衔。1968年当选为苏联科学院院士。米高扬从事飞机设计工作30余年，主持设计出30种型号飞机。曾两次荣获社会主义劳动英雄称号，获列宁勋章6枚。1970年12月9日在莫斯科逝世。 (冯岳彬)



Mikulin

米库林, A.A. (Микулин, Александр Александрович, 1895.2.2~) 苏联航空发动机设计师，苏联科学院院士(1943)，少将工程师(1944)，社会主义劳动英雄(1940)。1954年加入苏联共产党。1922年毕业于莫斯科高等技术学校。第一次世界大战初期，参加制造燃烧弹的比赛，获一等奖。1923年开始在发动机科学研究所任设计师，1925年起任主任设计师。他参加制造的发动机安装于TB－3重型轰炸机，轻型轰炸机，P－5侦察机和"马克西姆·高尔基"客机。1929~1932年研制出M－34(AM－34)型航空发动机，并于试验成功之后安装在AHT－25飞机上。1937年B. П. 奇卡洛夫和M. M. 格罗夫机组驾驶这种飞机完成了飞越北极到达美国的不着陆飞行，而M. B. 沃多皮亚诺夫的机组则飞到了北极。1939年在他领导下制造的AM－35A型发动机安装在A.И.米高扬设计的歼击机上。伟大卫国战争时期领导制造出用于ИЛ－2强击机的大功率AM－38和AM－38Ф型发动机。1943年起任航空发动机总设计师。在发动机制造方面他有许多新的发明：用转动式叶片来调整增压器，采用二速增压器，对汽化器进气进行增压和冷却；设计出苏联第一台涡轮压缩机和变距螺旋桨。战后，在发动机制造方面继续进行了大量的卓有成效的工作。领导制造出大功率AM－1、AM－2、AM－3型涡轮喷气发动机(最后一种在Ту－104型飞机上已成功地使用多年)，以及用于米高扬设计的歼击机和A. C. 雅克夫列夫设计的侦察机的涡轮喷气发动机。荣获苏联国家奖金(1941，1942，1943，1946)。获列宁勋章3枚，一级苏沃洛夫勋章1枚，二级苏沃洛夫勋章1枚，劳动红旗勋章3枚，红星勋章和荣誉勋章各1枚，奖章多枚。著作：《航空发动机的发展道路》，第1卷；《进一步改进活塞式航空发动机的可能性》，莫斯科—列宁格勒1946年版。 (钟荆洲 钱家赵)

Mili

米里, М.Л. (Миль, Михаил Леонтьевич, 1909.11.9~1970.1.31) 苏联科学家和著名直升机设计师。生于伊尔库茨克。1931年毕业于新切尔卡斯克航空学院，在苏



联中央流体动力研究院从事旋翼理论研究。1945年获技术科学博士学位。1947年12月任直升机设计局总设计师。他主持设计的直升机有米－1、米－4、米－6、米－8、米－10、米－12等型，创造了60项世界纪录。除米－10、米－12型外都曾大批生产，供苏联军队和民航部门使用，还大量出口。米里的著作有《带活节固定片旋翼曲线运动的空气动力学》和《直升机设计与计算》等。1964年他被授予直升机特级设计师的称号。曾获苏联社会主义劳动英雄称号、列宁奖金、国家奖金和3枚列宁勋章。1970年1月31日在莫斯科逝世。 （王适存）

Miqie'er

米切尔，W. （Mitchell, William, 1879.12.29~1936.2.19） 美国早期航空战略家，军事航空理论奠基人，美国陆军航空勤务队副司令，陆军准将。生于美国国会议员之家。1909年，毕业于堪萨斯州利文沃斯堡美国陆军参谋学院，毕业后在该院任教官。其间在莱特飞机公司接受飞机驾驶训练，为美军首批飞行员之一。1915年，在美国陆军通信兵航空处任职。1917年4月，美国对德国宣战后，米切尔是第一批抵达欧洲战场的美军人员。后担任美国远征军航空勤务队副司令，在美军部队中第一个驾机飞越德军战线，并多次执行战斗任务。1918年9月，指挥约1 500架协约国作战飞机，在圣米耶尔战役中对德国部队实施大规模空中打击；后又在默兹—阿尔贡战役中指挥200余架飞机对德军目标进行大规模轰炸。战争期间因出色完成战场作战任务而被第一个授予战争十字勋章。第一次世界大战结束后返回美国，任美国陆军航空勤务队副司令，授予准将军衔。



1920～1921年间，为证明空中力量在海岸防御中的重要地位，米切尔组织1个航空旅在切萨皮克湾进行著名的飞机轰炸战列舰、巡洋舰和潜艇的试验并取得成功，其试验结果对尔后世界各国的海军和空军建设均产生深远影响，促使主要国家重视航空母舰在未来海战中的重要作用，同时也使美国陆军航空勤务队承担起海岸防御的战略任务，加速美国空中力量由勤务保障力量向战术突击力量的重要转变。1925年4月任期届满后，因多次公开抨击国防政策而被降为永久上校军衔，并调往圣安东尼奥基地任职。1925年9月，美国海军执行航空邮政任务的"谢南多亚"号飞艇在风暴中失事并造成人员伤亡，米切尔再次对美国的军事政策进行大胆而又公开的批评，为此于同年12月受到军法审判，被判处中止服役和撤销军衔5年。1926年2月1日辞去军职，从陆军退役。第二次世界大战结束后，美国国会于1946年推翻强加于米切尔的一切不实之词，肯定其在发展美国军事航空方面的重大贡献，并授予米切尔国会荣誉勋章。米切尔在航空发展初期就从国家战略高度考察空中力量的作用，敏锐地洞察到空中力量将引起作战样式的根本性变革，极力主张建立独立空军并实施统一指挥。由于他是一名飞行人员并亲身参与过空中作战，因而他的许多理论观点与G.杜黑相比更加合理并具有实际指导意义。在学术上，他最先给出了空中力量的经典性定义；高度肯定制空权对保证国家安全和赢得战争胜利的重要作用，主张通过空中交战和空中突击的方法夺取制空权；提出空军应当由驱逐航空兵、轰炸航空兵和强击航空兵构成，奠定了现代空军的编成模式，同时他肯定遂行支援保障任务的航空兵的作用；首次提出"没有制空权就没有制海权"的重要论断，认为战列舰称霸海上的时代已一去不复返，促使现代海战样式发生重大转变；主张建立包括航空工业和民用航空运输系统在内的国家强大的航空基础设施。代表性著作为《空中国防论》(1925)。1936年2月19日，在纽约病逝。 （王明志）

Qibolin

齐伯林，F. （Zeppelin, Ferdinand von, 1838.7.8~1917.3.8） 德国飞艇制造家、大型实用硬式飞艇的发明人。生于康斯坦茨。1857年毕业于路易斯堡陆军士官学校，1858年进入士宾根大学进修工程课程。1863～1864年，齐伯林赴美国考察军事。在此期间他乘系留氢气球升空，从而使他产生研制可操纵气球的设想。此后，利用工作之余研究飞艇，对当时半硬式飞艇不能载重的缺点提出全硬式飞艇的设想。1891年自陆军退役后以全部精力从事飞艇的研制。1900年，他制成第一艘雪茄形铝制硬壳的硬式飞艇。飞艇长128米，直径11.7米，氢气囊总容积约1.13万立方米，装两台11.8千瓦(16马力)船用发动机。这艘飞艇于1900年7月2日首次升空试飞，因操纵性能不好而在着陆时撞毁。齐伯林后来对飞艇结构作了改进，在飞艇上安装62.5千瓦(85马力)的发动机。他于1906年制成两艘飞艇并成功地进行了两次时速57.6千米的试飞。为此，德累斯顿工程学院授予他名誉工程博士学位。1908年创办生产军用和商用飞艇的"齐伯林飞艇公司"，到1918年共制造113艘军用飞艇，在第一次世界大战中得到广泛应用。他在1909年开办"德国航空运输有限公司"，经营国内航线和汉堡—美国之间的航线。齐伯林硬式飞艇是世界上最早用于正式空运旅客的商用交通工具。1917年3月8日在柏林逝世。 （赵　中）



Rongkesi

容克斯，H. （Junkers, Hugo, 1859.2.3~1935.2.3） 德国著名飞机设计师和航空企业家。生于赖特。1908年开始从事飞机的研制。1913年在亚琛建造德国第一座风洞。他设计的J－1型飞机于1915年12月12日首次试飞，是世界上第一架张臂式全金属飞机。第一次世界大战后，容克斯在德绍开设飞机工厂，从事民用运输机的研制和生产。



他设计的世界上第一架硬铝全金属旅客机F－13型于1919年6月15日首次试飞，在国际民航史上占有重要地位。1932年开始制造的大型三发动机运输机Ju－52型共生产约4 000架，在世界各地广泛使用。1936年容克斯飞机公司与容克斯发动机公司合并，改名为容克斯飞机发动机公司，主要生产各种军用飞机(Ju－86、Ju－87和Ju－88等)。1935年2月3日在慕尼黑附近的高亭逝世。　　　　(沈　漳)

Rukefusiji

茹科夫斯基, H.E.　(Жуковский, Николай Егорович, 1847.1.5~1921.3.17)　俄国著名空气动力学家，航空科学的开拓者，苏联航空奠基人。生于奥列霍沃(现属弗拉基米尔州)。1868年毕业于莫斯科大学物理数学系，1882年获应用数学博士学位，1886年起历任莫斯科大学和莫斯科高等技术学校力学教授。茹科夫斯基创建了实验与理论相统一的空气动力学，为航空技术的发展奠定了科学基础。1890年前后相继发表的《关于飞行器的某些理论根据》、《飞行理论》和《论鸟的飞翔》以及1897年发表的《论飞机最佳倾角》等著作，发展了飞行动力学，为飞机气动力计算奠定了基础。1902年，茹科夫斯基在莫斯科大学领导建造的风洞是世界上较早的风洞之一。1907年他运用环流的概念阐明了升力产生的原理并提出升力计算公式。茹科夫斯基还最先运用数学方法画出一系列关于螺旋桨涡流理论的论文为设计螺旋桨提供了理论根据。



十月革命后，茹科夫斯基领导他的学生积极参加开创苏联航空事业的活动。1918年12月创办中央流体动力研究院任院长，后来又创办了多所高等航空技术学校。1920年12月3日，苏联人民委员会为表彰茹科夫斯基从事科学活动50周年，决定设立茹科夫斯基奖金以奖励数学、力学方面的优秀著作。列宁称茹科夫斯基为“俄罗斯航空之父”。苏联政府后来还以他的名义设立多种奖金并修建纪念碑和博物馆来纪念他。茹科夫斯基一生写的专著和论文有170多篇，除飞行器和空气动力学外，还涉及固体力学、流体力学、数学、天文学、应用力学等有关学科。苏联曾出版《茹科夫斯基全集》共9卷。1921年3月17日在莫斯科逝世。　　　　(罗　明)

Saiweiersiji

塞维尔斯基, A.de　(Seversky, Alexander de, 1894.6.7~1974.8.24)　俄罗斯战斗机王牌飞行员，美国航空工程师。生于俄罗斯梯比利斯。10岁入军校，1914年毕业于俄罗斯帝国海军学院。在驱逐舰上短暂服役后，被调至俄罗斯海军航空勤务队，开始学习飞行。1915年3月首次驾机单飞。同年7月2日首次参加战斗即被德舰防空炮火击落，右腿膝盖以下被炸断。伤愈，安装假肢后重返飞行部队。1917年，任战斗机队队长，战斗出动57次，取得击落德国飞机13架的战绩，成为俄罗斯军队著名王牌飞行员。曾创造飞机在中弹30发的情况下，击落3架德国飞机的纪录。其间，升任波罗的海驱逐航空兵指挥官，授中校军衔，并获俄罗斯帝国最高荣誉圣乔治十字勋章。后作为俄罗斯航空使团成员去美国，因十月革命爆发而滞留美国。先后任美国政府航空工程师兼试飞员，陆军航空队副指挥官、W.米切尔的顾问等职。1942年2月，塞维尔斯基撰写了《通过空中力量制胜》一书。书中指出，战争实践已证明，谁控制了天空，谁就控制了陆地和海洋；要有效发挥空中力量的作用，必须建立独立空军，国防机构应确保陆上、海上和空中力量相互平等。塞维尔斯基在战略上并不主张单纯依靠空中力量夺取战争的胜利，而是强调空中力量应当成为在现代战争中起主导和决定性作用的战略力量，并认为陆军和海军的作用是为空中力量夺取和巩固对敌人的心脏地区发动战略性空中打击所必需的战略基地；在战役战术上，认为发挥空中力量作用的关键是确定恰当的空中战役目标；在装备发展上，为减少空中力量对海外基地的依赖，力主研制能从本土起飞遂行空中打击任务的远程轰炸机，认为远程空中打击力量将构成美国战略威慑能力的核心。1950年，塞维尔斯基针对核时代的新特点发表第二部空中力量理论专著《空中力量：生存的关键》。这些著作与G.杜黑的《制空权》、米切尔的《空中国防论》齐名，对空中力量学术思想的发展具有重要影响。塞维尔斯基关于空中力量的理论著述和演讲，与杜黑及米切尔显著不同之处在于，他的理论观点浅显、直观并以战争实践加以佐证，主要影响普通民众而非战略决策者，因而其基本思想具有广泛的民众基础。　　　　(王明志)

Silaisai

斯莱塞，J.C.　(Slessor, Sir John Cotesworth, 1897.6.3~1979.7.12)　英国皇家空军元帅，军事理论家。1897年6月3日生于印度。1915年开始在英国陆军飞行队服役。第一次世界大战期间担任飞行员。两次世界大战之间留在皇家空军，曾在印度服役。其间从事空军作战理论研究。1936年出版《空中力量与陆军》一书，认为空军的任务是打击敌人后方，但不能单独取得战争胜利。1942年任英国空军助理参谋长。出席盟国历次重要军事会议，并参加制定英美联合作战计划。1943年2月丘吉尔首相任命他为海岸航空兵司令。在大西洋之战中协同海军开展与德国潜艇的斗争，保证了英国海上交通线的安全。1944年任英驻地中海和中东英空军司令兼地中海战区盟军空军副司令。1948年初任帝国国防学院院长。1950年1月升任英国皇家空军参谋长。1952年退休后从事战略研究，著有《西方战略》一书，认为当今无论东方或西方，任何大国都不可能有本国的独立战略，所谓“国家战略”是不存在的，世界已进入“联盟时代”，西方应采取广泛的“联盟战略”或“世界战略”。　　　　(王海瑛)



Sipaci

斯帕茨，C.A.　(Spaatz, Carl Andrew, 1891.6.28～1974.7.14)　美国空军将领。1914年毕业于美国陆军军官学校。次年入圣迭戈航空学校学习飞行。第一次世界大战期间，因在一次空战中击落两架敌机而获得优异服务十字勋章。1929年在一次空中加油飞行训练中创下持续飞



行151小时的纪录，获飞行优异十字勋章，并升任第7轰炸机大队大队长。第二次世界大战初期，先后任陆军航空队司令助理、参谋长、作战司令部司令等职。1942年5月任第8航空队司令，后兼任美国驻欧洲陆军航空兵司令，协同英国皇家空军对欧洲德占区实施战略轰炸。1943年2月任地中海战区盟国空军副司令，组建并指挥西北非航空队。1944年初调任美国驻欧洲战略航空兵司令，参与指挥对德战略轰炸和实施西欧战局。1945年3月晋升上将军衔。同年6月转赴太平洋战场，任美国驻远东战略航空兵司令，指挥美国对日本的战略轰炸。8月奉H.S．杜鲁门总统之命，组织实施美国对日本的核突击。1946年1月任陆军航空兵司令，主张建立独立的空军，并于翌年9月出任美国空军第一任参谋长。1948年退役。 （马　骏）

Suhuoyi

苏霍伊，П.О．（Сухой, Павел Осипович, 1895.7.10~1975.9.15）　苏联飞机设计师。技术科学博士。1925年毕业于莫斯科高等技术学校。1916年应征入伍，1925



年起在中央流体动力研究所任设计工程师。在А.Н.图波列夫领导下，曾研制出И－4(1926~1927)和И－14(1932~1934)型歼击机。担任过研制РД(АНТ－25)飞机的设计师和设计组组长以及研制АНТ－37“祖国”号飞机的主任设计师。1939年起任实验设计局主任设计师。1955年起任特别设计局总设计师。在他的领导下，研制出50多种不同结构的飞机，其中许多飞机具有优良的飞行技术性能和战斗性能。他所设计的Су－2型多用途飞机曾成功地用于卫国战争年代。1942~1943年研制出了Су－6型装甲强击机。他是苏联喷气式飞机和超音速飞机的创始人之一。在战后年代，设计局在他的领导下，研制出了Су－9、Су－10、Су－15等型喷气式飞机。在1955~1956年期间，又研制出Су－76型和其他型带后掠翼和三角翼的超音速喷气式飞机。他设计的飞机曾创造两项世界飞行高度记录(1959、1962年)和两项沿闭合航线飞行的世界速度记录(1960、1962年)。苏联第5~8届最高苏维埃代表。两次社会主义劳动英雄。荣获列宁奖金和苏联国家奖金。获列宁勋章3枚，十月革命勋章、劳动红旗勋章、红星勋章和“荣誉”勋章各1枚，奖章多枚。因在航空科技领域工作出色，1975年荣获图波列夫金质奖章。于1975年9月15日逝世。 （胡延忠　李显扬）

Tede

特德，A.W.（Tedder, Arthur William, 1890.7.11~1967.6.3）　英国皇家空军元帅。生于苏格兰的格伦吉恩。先后毕业于剑桥大学马格达琳学院(1912)、参谋学院



(1924)和帝国国防大学(1928)。1913年入陆军服役。1916年调入英国陆军航空队。1918~1919年在驻埃及英军中供职。1934年起先后任飞行训练局局长、驻远东英国空军司令。1938年起任空军部科研局局长。1940年夏任中东空军副司令。1941年任皇家空军中东司令部司令，同时被任命为驻近东和地中海英国空军司令。他集中有限的空军兵力攻击关键性军事目标，到1942年春逐渐取得了该地区的制空权。1942年10月23日~11月4日对蒙哥马利在阿拉曼的攻击战提供空中支援。1943年1月14~23日卡萨布兰卡会议之后任盟军空军司令，指挥在北非和意大利所有盟军空军的作战。对于在北非打败德军作出了贡献。参与指挥1~5月的突尼斯战役、7~8月的西西里岛登陆战役和意大利南部战役，这些作战以特德、艾森豪威尔以及后来的亚历山大实现的陆、海、空整体作战而著名。1944年初被任命为艾森豪威尔的副手，任盟国远征军最高副司令，负责指挥盟军在西欧的全部空军作战。他规划并成功地实施空中阻滞战役，从空中封锁诺曼底海滩，使德国增援部队无法到达滩头阵地。他组织轰炸德军的运输网，加速了盟军在第二次世界大战最后几个月的向前推进。1944年11月任战术空军司令，1945年5月8日在柏林代表艾森豪威尔在德国投降正式文件签字。1945年晋升空军元帅。1946年任英国空军参谋部总参谋长和空军委员会委员，为“冷战”政策的积极推行者。1950~1951年任北大西洋条约组织军事委员会委员和驻华盛顿英国军事代表团成员、英国陆海空三军驻华盛顿首席代表。著有《战争中的空中力量》、《心怀偏见》等。 （杨宇杰）

Telunchade

特伦查德，H.M.（Trenchard, Hugh Montague, 1873.2.3~1956.2.10）　英国早期航空战略家，军事航空理论奠基人，皇家空军参谋长、空军元帅。生于英国汤



顿的一个律师之家。1893年从军，参加过英布战争，战后升任骑兵团团长。飞机发明后，开始对航空产生浓厚兴趣。1912年，年已39岁的特伦查德进入英国中央航空学校学习飞行，成为英国陆军第一批12名飞行员之一。在此期间被任命为中央航空学校参谋人员，1913年8月任该校副校长。第一次世界大战爆发时，英国中央航空学校扩编为英国皇家飞行队。1914年11月，特伦查德被任命为英国远征军第1航空联队指挥官，他率领部队在法国战场与德国飞机进行争夺制空权的战斗，并且直接支援英军地面部队作战，此外还进行轰炸和航空照相侦察试验。1915年，特伦查德被任命为英国远征军航空兵部队指挥官，晋升为准将。他极力主张实施空中进攻，当德国使用飞艇和飞机对伦敦实施频繁的空中轰炸时，仍坚持使用空中力量支援在欧洲大陆作战的英军地面部队，因而遭致众多非议。1917年，英国建立空军部和空军参谋部，特伦查德被任命为首任空军参谋长，组织轰炸机部队对德国纵深的主要工业目标进

行了轰炸，体现了主张通过轰炸德国的工业体系目标削弱其战争潜力的新思想。1918年4月1日，皇家飞行队与皇家海军航空勤务队合并，成立皇家空军，成为世界上第一支独立空军。特伦查德被任命为首任空军参谋长。后因与空军大臣意见相左而辞职。1919年丘吉尔出任英国陆军部长和空军部长后，力荐特伦查德再次出任空军参谋长。第一次世界大战结束后不久，面对要求空军从属于陆军和海军的压力，特伦查德以少量的航空兵部队在中东地区实施“空军控制”行动，证明空中力量的战略价值，使英国皇家空军独立军种的地位得以继续保留。1927年，特伦查德在英国皇家空军的将军中第一个晋升为空军元帅。1929年12月，正式退出现役。

特伦查德认为空中力量可以在推行国家政策中发挥重要的作用，最早提出并实践了空中威慑的思想；认为空中力量的主要特性在于进攻性，主张发展以轰炸机为主体的独立空军，反对以空中力量遂行防御性的任务；十分重视空军的教育训练，提高空军人员的整体素质，创办的各类空军学校为英国皇家空军未来发展奠定了坚实的基础。主要著作《空军的出现对战争的影响》、《空军的作战原则》。 （王明志）

Tuboliefu

图波列夫，A.H.（Туполев, Андрей Николаевич, 1888.10.29~1972.12.23）苏联著名飞机设计师。生于特维尔省(今加里宁州)的普斯托马佐沃。1908年入莫斯科高等技术学校，加入H.E. 茹科夫斯基领导的航空小组，参与设计和制造风洞。1918年毕业，与茹科夫斯基共同创建苏联中央流体动力研究院，1918~1935年任副院长。1931~1936年任苏联航空工业管理局总工程师。1922年开始领导中央流体动力研究院的飞机设计局(1936年成立独立的设计局)。他最先研制出苏联的全金属结构飞机和张臂式单翼机，并领导设计出100多种飞机，其中70多种投入了批量生产。重要的有安特－25(完成莫斯科经北极到美国的不着陆飞行)，安特－20型(当时世界上最大的旅客机“马克西姆·高尔基”号)，特勃－1、特勃－3、斯勃、图－2等型轰炸机。第二次世界大战后研制出图－16、图－20、图－22、图－26等型轰炸机和图－104、图－134、图－154、图－144型旅客机。他设计的飞机创造了78项世界纪录。图波列夫是苏联科学院院士，曾被授予工程上将军衔和国家特级设计师称号，多次获得列宁勋章。1970、1971年他被接纳为英国皇家航空协会和美国航空航天学会名誉会员。曾荣获茹科夫斯基金质奖章、国际航空联合会大金质奖章、意大利达·芬奇奖金和法国航空奠基者金质奖章。图波列夫是苏联3次社会主义劳动英雄和第3~8届最高苏维埃代表。1972年12月23日在莫斯科逝世。 （罗 明）



Tumansiji

图曼斯基，C.K.（Туманский, Сергей Константинович, 1901.5~1973.9.9） 苏联航空发动机设计师，社会主义劳动英雄(1957)，苏联科学院院士(1968)。1951年加入苏联共产党。毕业于彼得格勒军事技术学校(1922)和茹科夫斯基空军学院(1931)。1931年起在中央航空发动机制造研究所工作。1937年起先后任该所发动机制造厂主任设计师、研究所主任设计师。1943~1955年任航空发动机副总设计师。1956年起任航空发动机总设计师。先后设计了高速轰炸机、客机、教练机和超音速歼击机上用的发动机。他做过大量的科学研究工作，解决过许多重大难题，对成功研制航空发动机高温涡轮装置做出了贡献，并对多级压缩器式喷气发动机进行了具有重大价值的研究，对解决压缩器和涡轮叶片的危险振动应力问题提出了建议。使用其设计的发动机的飞机，曾在上升率、飞行速度和飞行高度方面创造过世界纪录。他还为航空工业部门培养了大批科学家、设计师和工程师。1957年荣获列宁奖金，1945年荣获苏联国家奖金。获列宁勋章4枚，十月革命勋章和红星勋章各1枚，奖章多枚。

（赵爱国 华人杰）

Wosen-Wate

沃森－瓦特，R.A.（Watson-Watt, Robert Alexander, 1892.4.13~1973.12.6） 英国物理学家和雷达专家。生于苏格兰。1914年毕业于圣·安德鲁斯大学，先在邓迪大学任教，后进入英国国家物理试验室无线电分部工作。1935年受英国防空科学调查委员会委托研究“死光”问题，2月向该委员会提交《采用无线电方法探测并定位飞机》的备忘录，旋即被批准并立即组织研制雷达，同年9月，主持研制出对飞机的探测距离为64千米的短波脉冲雷达。1938年主持在英国东部和东南部海岸建成由近20部本土链雷达站组成的对空情报雷达网，工作频率为22~28兆赫。为了弥补低空盲区，又着手建立了频率为200兆赫的低空本土链雷达网。这些雷达网在1940年“不列颠之战”中为击败纳粹德国的空袭发挥了重要作用。1942年受封为爵士，并被英王乔治六世授予无线电定位法的开拓者的荣誉称号，以褒奖他对雷达的发展和应用所做出的贡献。1973年12月6日逝世。 （张葆林）



Xike'ersiji

西科尔斯基，И.И.（Сикорский, Игорь Иванович, 1889.5.25~1972.10.26） 美国飞机设计师。生于俄国基辅。1908年在基辅工艺学院毕业，先后设计S－1至S－6型系列的飞机。1912年研制成世界上最早的4发动机飞机“俄罗斯勇士”号，第一次世界大战爆发后改装为当时世界最大的重型轰炸机，命名“伊利亚·穆罗梅茨”号，成批生产并投入使用。西科尔斯基于1919年去美国，1928年入美国国籍。1929年组建西科尔斯基飞机公司，在他领导下设计了一系列水上飞机和水陆两用飞机，其中1929年研制成功的S－38型成为美国早期的民航机。1935年制成的S－42型水上飞机



在飞渡大西洋和太平洋的航行中起过重要作用。30年代后期，西科尔斯基又转向直升机研制，1939年制成第一架实用的直升机VS－300型，并亲自试飞成功，为美国直升机的发展奠定了基础。西科尔斯基飞机公司长期以生产S系列直升机而闻名于世。西科尔斯基在航空领域有多方面的贡献，一生中曾荣获多种奖章和荣誉称号。1972年10月26日在美国康涅狄格州伊斯顿逝世。 （何述章）

Xuemingdun

薛明顿，S. （Symington, Stuart,） 美国首任空军部长。生于美国密苏里州。第二次世界大战期间，领导一家公司为轰炸机制造军械设备。1946年1月任负责航空事务的陆军部副部长。1947年7月美国建立独立空军后，9月18日任第一任空军部长。他的主要贡献是致力于建立一支拥有70个大队的庞大空军。当美国空军大量复员后，面临着以有限的经费重建空军的任务时，他在空军内部改进管理和进行成本控制，建立了审计组织，并促进了其发展。1950年4月24日，辞去空军部长职务后，任国家安全资源委员会主席。以后又任复兴金融公司负责人。1952年被选为密苏里州议员。 （陆文至）

Yakefuliefu

雅克夫列夫，A.C. （Яковлев, Александр Сергеевич, 1906.3.19~? ） 苏联飞机设计师，上将工程师，苏联科学院院士。1924年参加苏军。同年制造了АВФ－10型滑翔机。1924～1927年设计研制出АИР－1型体育运动飞机。1927～1931年在空军工程学院学习，期间制造了АИР－2、АИР－3、АИР－4和АИР－5轻型飞机。1931年毕业于茹科夫斯基空军工程学院。后任航空工厂工程师，并在该厂组成了轻型飞机设计室。1932年设计出АИР－6型地方通信飞机和АИР－7型高速邮政飞机。1935年起任主任设计师。1935～1938年设计出УТ－1型、УТ－2型教练机和УТ－3型数练轰炸机。1938年加入苏联共产党。1939年设计出BB－22型近程轰炸机(速度为567千米/时)。1940～1943年设计出ЯК－1、ЯК－7、ЯК－9、和ЯК－3型歼击机，这些飞机都以速度、武器和机动性三者的最佳结合著称。1940～1946年兼任副航空工业人民委员。1956年起任总设计师。伟大卫国战争时期，他设计的歼击机用于作战的计有3.6万架，占苏联歼击机总数的三分之二。1944年ЯК－3飞机(装BK－108发动机)达到了苏联活塞式飞机的最高速度—745千米/时。他是喷气式飞机的首创人之一。在他的领导下研制出这类批生产的飞机有：ЯК－15型，苏联空军采用的第一种喷气式2歼击机(1946)；ЯК－17、ЯК－17УТИ、ЯК－23型喷气式歼击机；ЯК－25型第一种全天候截击机(1952)；苏联第一种垂直起落飞机(1967)；ЯК－14型空降滑翔机；ЯК－24型直升机；ЯК－11、ЯК－18和ЯК－18T型教练机；ЯК－12型多用途飞机；ЯК－18П、ЯК－18ПМ和ЯК－50型体育运动飞机是世界和欧洲多次高级特技冠军赛的获胜者；ЯК－40和ЯК－42型喷气式客机等。他设计的约有50种型号的飞机创过世界记录，70种型号的飞机创过全苏记录。在他的领导下，共设计出了75种型号的批量生产的飞机，计6.6万架。是苏联第2～10届最高苏维埃代表，两次社会主义劳动英雄。荣获列宁奖金和苏联国家奖金。获列宁勋章8枚，十月革命勋章1枚，红旗勋章2枚，一、二级苏沃洛夫勋章、一级卫国战争勋章、劳动红旗勋章和红星勋章1枚，奖章及外国勋章多枚，国际航空协会大金质奖章1枚。著有：《苏联飞机制造五十年》、《生活的目的》、《航空设计师的故事》、《苏联飞机》和《设计师札记》。



（王宽心 华人杰）

Yiliushen

伊留申，C.B. （Ильюшин, Сергей Владимирович, 1894.3.18~1977.2.9） 苏联飞机设计师。苏联科学院院士。生于俄罗斯沃洛格达省季利亚列沃村。1926年毕业于茹科夫斯基空军工程学院。1931年任中央设计局局长，1933年任总设计师。在他领导下曾成功地设计出多种轰炸机、强击机和运输机。1936年研制出TSKB－26型双发飞机，后又研制出TSKB－30型飞机，这些飞机曾创造出各种载重的世界飞行高度纪录。伊尔－4型多用途飞机在苏联卫国战争期间成为主要远程轰炸机。1939年研制成优秀的伊尔－2型强击机，把火力、装甲防护、飞行速度和机动性等成功地结合起来，在战争中曾得到广泛使用。后又研制出伊尔－10、伊尔－16、伊尔－40等型强击机。1946年后设计出伊尔－12、伊尔－14、伊尔－18等型运输机，1948年设计出苏联第一种喷气式轰炸机伊尔－28型并投入批量生产。1962年又设计出伊尔－62型远程客机。1967年被授予工程技术勤务上将军衔。1968年当选为苏联科学院院士。曾3次荣获社会主义劳动英雄称号，获列宁勋章8枚。1977年2月9日在莫斯科逝世。 （冯岳彬）



Yuehanxun

约翰逊，C.L. （Johnson, Clarence Leonard, 1901.2.27~? ） 美国著名飞机设计师。生于密执安州依什佩明镇，1932年毕业于密执安大学，获硕士学位，1933年在洛克希德公司从事飞机组装和材料设计工作，1952年任总工程师。1956年任公司副经理，主管技术研究。1964年被选为董事会成员。1975年退休后担任高级顾问。约翰逊在大学时期就提出一种双垂直尾翼方案，先后在几种飞机上采用。他因纠正伊列克特拉运输机设计上的某些错误而引起人们的注意。他设计的双尾撑战斗机P－38型是第二次世界大战中的优秀飞机之一。40年代中期，约翰逊设计出美国第一种实用的喷气式战斗机F－80型，以后又研制了两倍音速的F－104型“星”式战斗机。在约翰逊设计的飞机中，最著名的是U－2型高空侦察机和3倍音速的SR－71型远程战略侦察机。 （罗 明）



条名汉语拼音索引

说　明

①本索引条名按汉语拼音字母的顺序辅以笔画排序法排列。第一字同音时，按阴平、阳平、上声、去声的声调顺序排列；同音、同调时，按笔画数由少至多的顺序排列；笔画数相同时，按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、乛(折)的顺序排列。第一字相同时，按第二字的音、调、笔画数和起笔笔形顺序排列，余类推。
②阿拉伯数字排在汉字之后；拉丁字母排在阿拉伯数字之后。

A

B

C

D

E

F

G

H

J

K

L

M

N

P

Q

R

S

T

W

X

Y

Z

条名汉字笔画索引

说　明

①本索引条名按第一字笔画数由少至多的顺序排列；笔画数相同时，按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、乛(折)的顺序排列。第一字相同时，按第二字的笔画数和起笔笔形顺序排列，余类推。
②阿拉伯数字排在汉字之后；拉丁字母排在阿拉伯数字之后。

一画

二画

三画

四画

五画

六画

七画

八画

九画

十画

十一画

十二画

十三画

十四画

十五画

十六画

十七画

十八画

十九画

二十一画

二十二画

INDEX OF ARTICLES

A

B

C

D

G

H

I

J

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

图 表 索 引

空军军事思想

空军军事学术

中国人民解放军空军政治工作

空军后勤

空军装备工作

空军技术

空军军事环境

空军历史

繁体字与简化字对照表

七画

車〔车〕
貝〔贝〕
見〔见〕
壯〔壮〕

八画

長〔长〕
亞〔亚〕
東〔东〕
兩〔两〕
協〔协〕
來〔来〕
門〔门〕
岡〔冈〕
侖〔仑〕
兒〔儿〕
狀〔状〕
糾〔纠〕

九画

剋〔克〕
軌〔轨〕
頁〔页〕
勁〔劲〕
貞〔贞〕
則〔则〕
閂〔闩〕
迴〔回〕
俠〔侠〕
係〔系〕
帥〔帅〕
後〔后〕
負〔负〕
風〔风〕
計〔计〕
訂〔订〕
軍〔军〕
陣〔阵〕
韋〔韦〕
陝〔陕〕
陘〔陉〕
飛〔飞〕
紅〔红〕
紇〔纥〕
級〔级〕
約〔约〕
紀〔纪〕

十画

馬〔马〕
貢〔贡〕
華〔华〕
莊〔庄〕
軒〔轩〕
連〔连〕
鬥〔斗〕
時〔时〕
畢〔毕〕
財〔财〕
閃〔闪〕
員〔员〕
峽〔峡〕
峴〔岘〕
剛〔刚〕
氣〔气〕
郵〔邮〕
條〔条〕
們〔们〕
個〔个〕
倫〔伦〕
島〔岛〕
烏〔乌〕
師〔师〕
徑〔径〕
針〔针〕
釘〔钉〕
釗〔钊〕
殺〔杀〕
倉〔仓〕
狹〔狭〕
芻〔刍〕
討〔讨〕
訓〔训〕
記〔记〕
庫〔库〕
凍〔冻〕
書〔书〕
陸〔陆〕
陳〔陈〕
陰〔阴〕
脅〔胁〕
務〔务〕
孫〔孙〕
純〔纯〕
納〔纳〕
紙〔纸〕
紐〔纽〕

十一画

責〔责〕
現〔现〕
規〔规〕
埡〔垭〕
堝〔埚〕
執〔执〕
殼〔壳〕
萊〔莱〕
乾〔干〕
軛〔轭〕
斬〔斩〕
軟〔软〕
專〔专〕
區〔区〕
堅〔坚〕
帶〔带〕
硃〔朱〕
麥〔麦〕
捨〔舍〕
捲〔卷〕
掃〔扫〕
處〔处〕
敗〔败〕
販〔贩〕
閉〔闭〕
問〔问〕
婁〔娄〕
國〔国〕
帳〔帐〕
崗〔岗〕
過〔过〕
氫〔氢〕
動〔动〕
偵〔侦〕
側〔侧〕
貨〔货〕
進〔进〕
鳥〔鸟〕
偉〔伟〕
徠〔徕〕
術〔术〕
從〔从〕
釣〔钓〕
魚〔鱼〕
訥〔讷〕
許〔许〕
訟〔讼〕
設〔设〕
訪〔访〕
訣〔诀〕
産〔产〕
牽〔牵〕
淶〔涞〕
淺〔浅〕
渦〔涡〕
啓〔启〕
視〔视〕
將〔将〕
張〔张〕
階〔阶〕
陽〔阳〕
隊〔队〕
婦〔妇〕
習〔习〕
參〔参〕
貫〔贯〕
鄉〔乡〕
組〔组〕
細〔细〕
終〔终〕
紹〔绍〕

十二画

堯〔尧〕
項〔项〕
賁〔贲〕
場〔场〕
達〔达〕
報〔报〕
惡〔恶〕
葉〔叶〕
萬〔万〕
喪〔丧〕
棟〔栋〕
極〔极〕
軸〔轴〕
軫〔轸〕
棗〔枣〕
殘〔残〕
雲〔云〕
揚〔扬〕
揮〔挥〕
睏〔困〕
貼〔贴〕
貯〔贮〕
開〔开〕
間〔间〕
閔〔闵〕
貴〔贵〕
勛〔勋〕
單〔单〕
買〔买〕
凱〔凯〕
圍〔围〕
無〔无〕
喬〔乔〕
筆〔笔〕
備〔备〕
順〔顺〕
傢〔家〕
衆〔众〕
復〔复〕
須〔须〕
鈐〔钤〕
欽〔钦〕
鈞〔钧〕
鈎〔钩〕
傘〔伞〕
爺〔爷〕
爲〔为〕
創〔创〕
飲〔饮〕
脹〔胀〕
勝〔胜〕
猶〔犹〕
貿〔贸〕
評〔评〕
訴〔诉〕
診〔诊〕
詔〔诏〕
痙〔痉〕
惲〔恽〕
勞〔劳〕
馮〔冯〕
測〔测〕
湯〔汤〕
淵〔渊〕
渾〔浑〕
運〔运〕
補〔补〕
畫〔画〕
尋〔寻〕
費〔费〕
違〔违〕
賀〔贺〕
發〔发〕
結〔结〕
給〔给〕
絡〔络〕
絶〔绝〕
絞〔绞〕
統〔统〕
絲〔丝〕
幾〔几〕

十三画

琿〔珲〕
瑋〔玮〕
頑〔顽〕
載〔载〕
馱〔驮〕
馳〔驰〕
遠〔远〕
勢〔势〕
塢〔坞〕
聖〔圣〕
蓋〔盖〕
蓮〔莲〕
夢〔梦〕
幹〔干〕
蔭〔荫〕
楨〔桢〕
楊〔杨〕
楓〔枫〕
較〔较〕
竪〔竖〕
賈〔贾〕
匯〔汇〕
電〔电〕
損〔损〕
搶〔抢〕
頓〔顿〕
歲〔岁〕
虜〔虏〕
業〔业〕
當〔当〕
號〔号〕
園〔园〕
農〔农〕
圓〔圆〕
節〔节〕
與〔与〕
傳〔传〕
傷〔伤〕
遞〔递〕
鈺〔钰〕
鉗〔钳〕
鉛〔铅〕
會〔会〕
愛〔爱〕
亂〔乱〕
飽〔饱〕
頌〔颂〕
腫〔肿〕
腦〔脑〕
鳩〔鸠〕
試〔试〕
誇〔夸〕
誠〔诚〕
話〔话〕
詭〔诡〕
詢〔询〕
靜〔静〕

詳〔详〕
詡〔诩〕
裏〔里〕
愷〔恺〕
義〔义〕
煉〔炼〕
煬〔炀〕
資〔资〕
溝〔沟〕
漣〔涟〕
滅〔灭〕
滌〔涤〕
準〔准〕
塗〔涂〕
滄〔沧〕
窩〔窝〕
肅〔肃〕
裝〔装〕
際〔际〕
預〔预〕
遜〔逊〕
經〔经〕
綏〔绥〕
彙〔汇〕

十四画

瑪〔玛〕
趙〔赵〕
臺〔台〕
墊〔垫〕
壽〔寿〕
蔣〔蒋〕
構〔构〕
槍〔枪〕
輔〔辅〕
輕〔轻〕
監〔监〕
緊〔紧〕
厲〔厉〕
碩〔硕〕
爾〔尔〕
奪〔夺〕
摑〔掴〕
摻〔掺〕
對〔对〕
幣〔币〕
彆〔别〕
夥〔伙〕
閩〔闽〕
閭〔闾〕
閥〔阀〕
閤〔合〕
閣〔阁〕
團〔团〕
鄲〔郸〕
鳴〔鸣〕
罰〔罚〕
圖〔图〕
製〔制〕
種〔种〕
稱〔称〕
僕〔仆〕
僞〔伪〕
銜〔衔〕
鋁〔铝〕
銅〔铜〕
銑〔铣〕
銓〔铨〕
銚〔铫〕
銘〔铭〕
錚〔铮〕
銀〔银〕
餌〔饵〕
蝕〔蚀〕
領〔领〕
鳳〔凤〕
颱〔台〕
語〔语〕
誘〔诱〕
說〔说〕
認〔认〕
廣〔广〕
麼〔么〕
適〔适〕
齊〔齐〕
慣〔惯〕
養〔养〕
鄰〔邻〕
鄭〔郑〕
燁〔烨〕
榮〔荣〕
犖〔荦〕
漢〔汉〕
滿〔满〕
滯〔滞〕
漁〔渔〕
滸〔浒〕
滬〔沪〕
滲〔渗〕
寬〔宽〕
賓〔宾〕
寧〔宁〕
實〔实〕
複〔复〕
劃〔划〕
屢〔屡〕
獎〔奖〕
隨〔随〕
頗〔颇〕
態〔态〕
鄧〔邓〕
緒〔绪〕
綫〔线〕
綽〔绰〕
綱〔纲〕
網〔网〕
維〔维〕
綿〔绵〕
綸〔纶〕
綜〔综〕
綠〔绿〕

十五画

髮〔发〕
駛〔驶〕
駒〔驹〕
駐〔驻〕
熱〔热〕
鞏〔巩〕
穀〔谷〕
邁〔迈〕
蕪〔芜〕
蕩〔荡〕
樁〔桩〕
樞〔枢〕
標〔标〕
樓〔楼〕
樣〔样〕
橢〔椭〕
輛〔辆〕
暫〔暂〕
輪〔轮〕
輜〔辎〕
歐〔欧〕
毆〔殴〕
賢〔贤〕
遷〔迁〕
碼〔码〕
確〔确〕
遼〔辽〕
撻〔挞〕
撲〔扑〕
撫〔抚〕
撈〔捞〕
鴉〔鸦〕
劌〔刿〕
齒〔齿〕
劇〔剧〕
鄴〔邺〕
輝〔辉〕
賞〔赏〕
賦〔赋〕
賜〔赐〕
賠〔赔〕
嘖〔啧〕
閱〔阅〕
數〔数〕
踐〔践〕
遺〔遗〕
幟〔帜〕
範〔范〕
價〔价〕
儂〔侬〕
儉〔俭〕
儀〔仪〕
樂〔乐〕
質〔质〕
徵〔征〕
衝〔冲〕
徹〔彻〕
衛〔卫〕
盤〔盘〕
鋪〔铺〕
銷〔销〕
鋒〔锋〕
銳〔锐〕
劍〔剑〕
餘〔余〕
膠〔胶〕
魯〔鲁〕
劉〔刘〕
穎〔颖〕
諸〔诸〕
諾〔诺〕
課〔课〕
論〔论〕
調〔调〕
諒〔谅〕
談〔谈〕
誼〔谊〕
廟〔庙〕
廠〔厂〕
賡〔赓〕
慶〔庆〕
廢〔废〕
敵〔敌〕
導〔导〕
潔〔洁〕
潤〔润〕
澗〔涧〕
潿〔涠〕
潯〔浔〕
寫〔写〕
審〔审〕
窮〔穷〕
遲〔迟〕
層〔层〕
彈〔弹〕
選〔选〕
槳〔桨〕
險〔险〕
駕〔驾〕
練〔练〕
緬〔缅〕
締〔缔〕
編〔编〕
緯〔纬〕
緣〔缘〕

十六画

壇〔坛〕
薑〔姜〕
薊〔蓟〕
蕭〔萧〕
頤〔颐〕
薩〔萨〕
樹〔树〕
樸〔朴〕
橋〔桥〕
機〔机〕
輻〔辐〕
輯〔辑〕
輸〔输〕
賴〔赖〕
頭〔头〕
勵〔励〕
磚〔砖〕
磣〔碜〕
歷〔历〕
據〔据〕
擔〔担〕
擁〔拥〕
頻〔频〕
盧〔卢〕
曉〔晓〕
縣〔县〕
鴨〔鸭〕
閻〔阎〕
閼〔阏〕
噸〔吨〕
噹〔当〕
戰〔战〕
噲〔哙〕
鴦〔鸯〕
嘯〔啸〕
還〔还〕
嶼〔屿〕
積〔积〕
篤〔笃〕
築〔筑〕
舉〔举〕
興〔兴〕
學〔学〕
艙〔舱〕
錶〔表〕
錯〔错〕
錨〔锚〕
錢〔钱〕
錕〔锟〕
錫〔锡〕
鋼〔钢〕
鍋〔锅〕
錘〔锤〕
錐〔锥〕
錦〔锦〕
錄〔录〕
館〔馆〕
鮑〔鲍〕
獲〔获〕
穎〔颖〕
獨〔独〕
駕〔驾〕
謀〔谋〕
諜〔谍〕
謊〔谎〕
鄺〔邝〕
辦〔办〕
龍〔龙〕
劑〔剂〕
懞〔蒙〕
燒〔烧〕
熾〔炽〕
營〔营〕
燈〔灯〕
憑〔凭〕
濛〔蒙〕
濃〔浓〕
澤〔泽〕
憲〔宪〕
隱〔隐〕
緻〔致〕

十七画

環〔环〕
璦〔瑷〕
幫〔帮〕
駿〔骏〕
聲〔声〕
聰〔聪〕
聯〔联〕
藍〔蓝〕
舊〔旧〕
韓〔韩〕
隸〔隶〕
檔〔档〕
檢〔检〕
麯〔曲〕
轄〔辖〕
輾〔辗〕
擊〔击〕
臨〔临〕
壓〔压〕
磯〔矶〕
擬〔拟〕
擴〔扩〕
擲〔掷〕
購〔购〕
嬰〔婴〕
闆〔板〕
闊〔阔〕
嶺〔岭〕
點〔点〕
輿〔舆〕
優〔优〕
償〔偿〕
儲〔储〕
禦〔御〕
鍇〔锴〕
鍔〔锷〕
鍾〔钟〕
鍛〔锻〕
鴿〔鸽〕
鮮〔鲜〕
講〔讲〕
謨〔谟〕
謝〔谢〕
謠〔谣〕
謙〔谦〕
應〔应〕
療〔疗〕
齋〔斋〕
燦〔灿〕
鴻〔鸿〕
濤〔涛〕
濫〔滥〕

濕〔湿〕
濟〔济〕
濱〔滨〕
濘〔泞〕
濰〔潍〕
賽〔赛〕
禮〔礼〕
嚮〔向〕
績〔绩〕
總〔总〕
縱〔纵〕
縴〔纤〕
縮〔缩〕

十八画

瓊〔琼〕
鬆〔松〕
翹〔翘〕
騎〔骑〕
鼕〔冬〕
燾〔焘〕
聶〔聂〕
職〔职〕
藝〔艺〕
藥〔药〕
檯〔台〕
櫃〔柜〕
轉〔转〕
醫〔医〕
礎〔础〕
霧〔雾〕
擾〔扰〕
擺〔摆〕
豐〔丰〕
叢〔丛〕
矇〔蒙〕
題〔题〕
闔〔阖〕
闕〔阙〕
曠〔旷〕
壘〔垒〕
蟲〔虫〕
鵠〔鹄〕
穫〔获〕
簡〔简〕
鵝〔鹅〕
雙〔双〕
邊〔边〕
歸〔归〕
鎮〔镇〕
鏈〔链〕
鎖〔锁〕
鎦〔镏〕
獵〔猎〕
謹〔谨〕
謾〔谩〕
雜〔杂〕
離〔离〕
顏〔颜〕
糧〔粮〕
濾〔滤〕
瀋〔沈〕
額〔额〕
隴〔陇〕
繚〔缭〕
織〔织〕
斷〔断〕

十九画

鬍〔胡〕
騙〔骗〕
壞〔坏〕
難〔难〕
蘋〔苹〕
蘆〔芦〕
蘄〔蕲〕
蘇〔苏〕
顛〔颠〕
麗〔丽〕
礙〔碍〕
礦〔矿〕
願〔愿〕
璽〔玺〕
關〔关〕
疇〔畴〕
蹺〔跷〕
嚴〔严〕
獸〔兽〕
羅〔罗〕
贊〔赞〕
穩〔稳〕
簽〔签〕
簫〔箫〕
懲〔惩〕
鏞〔镛〕
鏡〔镜〕
鏇〔旋〕
鏘〔锵〕
鵬〔鹏〕
臘〔腊〕
譚〔谭〕
識〔识〕
譜〔谱〕
證〔证〕
廬〔庐〕
龐〔庞〕
壟〔垄〕
懷〔怀〕
類〔类〕
瀘〔泸〕
寵〔宠〕
韜〔韬〕
繩〔绳〕
繹〔绎〕
繪〔绘〕

二十画

驊〔骅〕
蘭〔兰〕
飄〔飘〕
麵〔面〕
攔〔拦〕
齡〔龄〕
齣〔出〕
獻〔献〕
黨〔党〕
懸〔悬〕
贍〔赡〕
闥〔闼〕
闡〔阐〕
犧〔牺〕
籌〔筹〕
譽〔誉〕
覺〔觉〕
艦〔舰〕
鐗〔锏〕
鐘〔钟〕
鐙〔镫〕
饒〔饶〕
饋〔馈〕
騰〔腾〕
觸〔触〕
護〔护〕
譯〔译〕
議〔议〕
癥〔症〕
競〔竞〕
糰〔团〕
爐〔炉〕
瀾〔澜〕
寶〔宝〕
騫〔骞〕
竇〔窦〕
襬〔摆〕
響〔响〕
繻〔𦈡〕
繼〔继〕

二十一画

鰲〔鳌〕
驅〔驱〕
歡〔欢〕
權〔权〕
轟〔轰〕
酈〔郦〕
殲〔歼〕
攝〔摄〕
闢〔辟〕
躍〔跃〕
纍〔累〕
鐵〔铁〕
鐸〔铎〕
鐮〔镰〕
鷄〔鸡〕
辯〔辩〕
懾〔慑〕
爛〔烂〕
灃〔沣〕
竈〔灶〕
顧〔顾〕
鶴〔鹤〕
屬〔属〕
續〔续〕

二十二画

聽〔听〕
鑒〔鉴〕
霽〔霁〕
邏〔逻〕
體〔体〕
鑄〔铸〕
鑌〔镔〕
讀〔读〕
彎〔弯〕
顫〔颤〕
龔〔龚〕
襲〔袭〕
灘〔滩〕
灑〔洒〕
竊〔窃〕

二十三画

驗〔验〕
顯〔显〕
鱗〔鳞〕
變〔变〕
纖〔纤〕

二十四画

驟〔骤〕
壩〔坝〕
韆〔千〕
觀〔观〕
鹽〔盐〕
釀〔酿〕
靈〔灵〕
攬〔揽〕
蠶〔蚕〕
讓〔让〕
鷹〔鹰〕
癲〔癫〕
贛〔赣〕

二十五画

鑲〔镶〕
灣〔湾〕

二十六画

驥〔骥〕

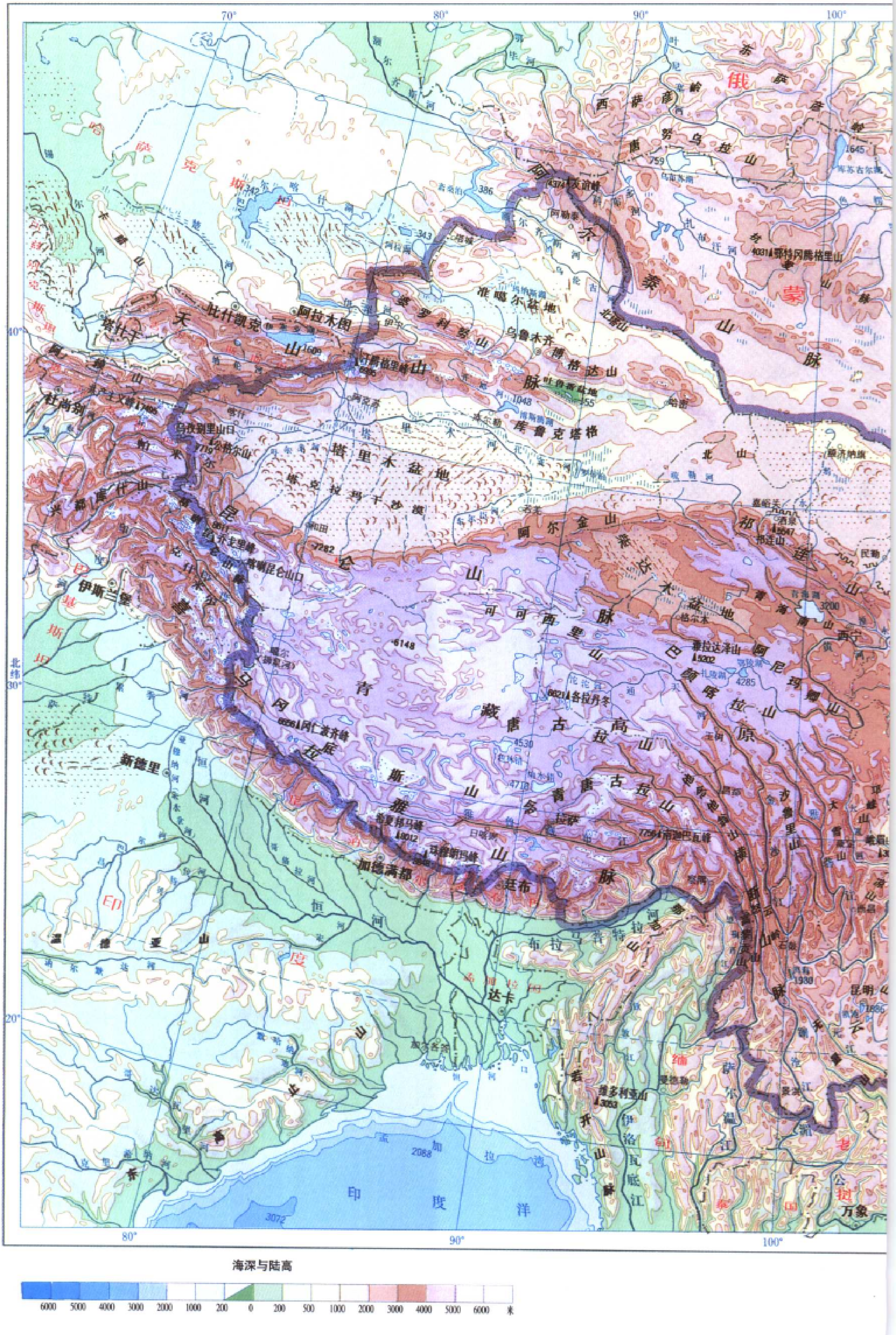
二十七画

鑼〔锣〕
鑽〔钻〕
纜〔缆〕

二十八画

钂〔镋〕

中国地形图



70°
80°
90°
100°
40°
北纬30°
20°
俄
蒙
哈萨克斯坦
巴基斯坦
印度
缅
伊斯兰堡
新德里
加德满都
达卡
万象
阿拉木图
乌鲁木齐
哈密
拉萨
昆明
西宁
阿尔泰山
天山
准噶尔盆地
塔里木盆地
塔克拉玛干沙漠
柴达木盆地
昆仑山脉
阿尔金山
祁连山
喀喇昆仑山脉
喜马拉雅山脉
冈底斯山
念青唐古拉山
唐古拉山
青藏高原
可可西里山
巴颜喀拉山
阿尼玛卿山
横断山脉
北山
库鲁克塔格
博格达山
吐鲁番盆地
帕米尔
兴都库什山
印度洋
珠穆朗玛峰
8848
恒河
海深与陆高
6000
5000
4000
3000
2000
1000
200
0
200
500
1000
2000
3000
4000
5000
6000
米


东经110°
120°
130°
140°
40°
北纬30°
20°
10°
斯
罗
古
萨哈林岛
(库页岛)
北海道岛
日
本
海
本州岛
东京
富士山3776
四国岛
九州岛
大隅海峡
太
平
洋
海拉尔
呼伦湖
贝尔湖
齐齐哈尔
哈尔滨
佳木斯
长春
沈阳
松嫩平原
大
兴
安
岭
小
兴
安
岭
长
白
山
锡林浩特
二连浩特
呼和浩特
包头
阴
蒙
北京
天津
山海关
秦皇岛
辽东湾
辽东半岛
大连
平壤
金刚山
汉城
朝
鲜
济州岛
渤海
渤海湾
莱州湾
烟台
成山角
山东半岛
青岛
胶州湾
济南
泰山
玉皇顶
1524
石家庄
五台山
3058
太原
太
行
山
吕
梁
山
华
北
平
原
黄河
延安
郑州
西安
华山
2083
汉中
南阳
连云港
黄
海
蚌埠
合肥
南京
长江口
上海
杭州
舟山群岛
东
海
武汉
黄山1841
光明顶
庐山
1474
南昌
长沙
衡山1290
井冈山
福州
钓鱼岛
赤尾屿
台湾岛
玉山3997
澎湖列岛
高雄
恒春
南宁
十万大山
广州
澳门
香港
东沙群岛
雷州半岛
海口
海南岛
五指山
1867
北部湾
南
海
吕宋岛
南宁
广州
河内
台湾岛
东沙群岛
海口
海南岛
西沙群岛
中沙群岛
马尼拉
南沙群岛
曾母暗沙
南海诸岛
1:40000000
1:20000000
200
0
200
400
600千米

世界地形图


北冰洋
新西伯利亚群岛
北地群岛
新地岛
斯瓦尔巴群岛
北角
上扬斯克山脉
中西伯利亚高原
西西伯利亚平原
东欧平原
莫斯科
柏林
基辅
乌兰巴托
蒙古高原
北京
东京
平壤
汉城
九州岛
太平洋
大西洋
乌鲁木齐
天山山脉
青藏高原
伊斯兰堡
新德里
巴格达
德黑兰
伊朗高原
开罗
利比亚沙漠
撒哈拉沙漠
阿拉伯半岛
利雅得
印度半岛
孟加拉湾
阿拉伯海
河内
仰光
台湾岛
海南岛
马尼拉
吕宋岛
达喀尔
阿克拉
恩贾梅纳
亚的斯亚贝巴
摩加迪沙
乞力马扎罗山
达累斯萨拉姆
金沙萨
刚果盆地
卡拉哈迪盆地
比勒陀利亚
好望角
厄加勒斯角
马达加斯加岛
印度洋
马尔代夫群岛
斯里兰卡岛
安达曼群岛
新加坡
雅加达
大巽他群岛
新几内亚岛
大沙沙漠
大分水岭
维多利亚大沙漠
纳拉伯平原
悉尼
堪培拉
塔斯马尼亚岛
凯尔盖朗岛
赫德岛
克罗泽群岛
爱德华王子群岛
阿姆斯特丹岛
圣保罗岛
布韦岛
南极洲
毛德皇后地
威尔克斯地
南极
北极


海深与陆高
8000
6000
4000
2000
200
0
200
500
2000
3000
5000
米



1∶110000000

1100 0 1100 2200 3300 千米

世界主要空军基地表

说 明

①空军基地名称按条目分类目录中所在国家或地区的先后顺序排列。
②地理位置系概略位置，多数指基地所在城市的经纬度。
③除空军基地外，还列入了少数航天发射中心、海军基地、海航站、军用机场等。

中文名	外文名	性 质	国别或地区	经 度	纬 度	备 注
元山	Wŏnsan	空基	朝鲜	127° 25'E	39° 09'N	
新义州	Sinŭiju	空基	朝鲜	124° 25'E	40° 04'N	
顺安	Sun'an	空基	朝鲜	125° 40'E	39° 12'N	
镇海	Chinhae	空、海基	韩国	128° 40'E	35° 09'N	海军司令部驻地
釜山	Pusan	空、海基	韩国	129° 03'E	35° 06'N	第3舰队司令部驻地
浦项	Pohang	空、海基	韩国	129° 20'E	36° 03'N	
水源	Suwon	空基	韩国	126° 59'E	37° 16'N	
乌山	Osan	空基	韩国	127° 04'E	37° 03'N	美国使用
群山	Kunsan	空基	韩国	126° 41'E	35° 58'N	韩、美合用
大邱	Taegu	空基	韩国	128° 35'E	35° 52'N	
汉城	Seoul; Sŏul	空基	韩国	126° 58'E	37° 33'N	
横城	Hoengsong	空基	韩国	127° 59'E	37° 29'N	
春川	Chunchon	空基	韩国	127° 40'E	37° 56'N	
金浦	Kimpo	空基	韩国	126° 41'E	37° 38'N	
赛音山达	Saynshand; Sayn Shanda	军用机场	蒙古	110° 10'E	44° 58'N	
纳莱哈	Nalaykha; Nalayh	空基	蒙古	107° 13'E	47° 45'N	
乔巴山	Choybalsan	军用机场	蒙古	114° 32'E	48° 02'N	
科布多	Hovd	军用机场	蒙古	91° 39'E	48° 01'N	
那霸	Naha	空基	日本	127° 40'E	26° 13'N	美国使用
小松	Komatsu	空基	日本	136° 27'E	36° 25'N	
千岁	Chitose	空基	日本	141° 39'E	42° 50'N	
滨松	Hamamatsu	空基	日本	137° 42'E	34° 42'N	
松岛	Matsushima	空基	日本	141° 13'E	38° 24'N	
三泽	Misawa	空基	日本	141° 22'E	40° 42'N	日、美合用
小牧	Komaki	空基	日本	136° 55'E	35° 17'N	
嘉手纳	Kadena	空基	日本	127° 46'E	26° 21'N	美国使用
硫磺岛	Iwo-jima; Iōtō	空基	日本	141° 20'E	24° 47'N	
普天间	Futenma	空基	日本	127° 45'E	26° 16'N	美国使用
岐阜	Gifu	空基	日本	136° 46'E	35° 27'N	
横田	Yokota	空基	日本	139° 21'E	35° 44'N	美国使用
新田原	Shindenbaru	空基	日本	131° 27'E	32° 05'N	
入间	Iruma	空基	日本	139° 28'E	35° 50'N	
芦屋	Ashiya	空基	日本	135° 16'E	34° 42'N	
厚木	Atsuqi	海航基	日本	139° 22'E	35° 28'N	日、美合用
岩国	Iwakuni	海航基	日本	132° 09'E	34° 10'N	日、美合用
内之浦	Uchinoura	航天发射中心	日本	131° 05'E	31° 17'N	

种子岛	Tanega-shima	航天发射中心	日本	131° 00'E	30° 40'N	
金兰湾	CamRanh. Bay Cam Ranh, Vinh	空、海基	越南	109° 20'E	11° 55'N	
胡志明市	Ho ChiMinh City; Ho Chi Minh, Thanh Pho	空、海基	越南	106° 41'E	10° 47'N	
岘港	Da Nang	空、海基	越南	108° 13'E	16° 04'N	
波来古	Plei Ku; Plei Cu	空基	越南	108° 00'E	13° 58'N	
边和	Bien Hoa	空基	越南	106° 50'E	10° 58'N	
荣市	Vinh	空基	越南	105° 41'E	18° 42'N	
奠边府	Dien Bien Phu	空基	越南	103° 01'E	21° 23'N	
洞海	Dong Hoi	空基	越南	106° 35'E	17° 32'N	
大叻	Da Lat	空基	越南	108° 25'E	11° 56'N	
藩朗	Phan Rang	空基	越南	109° 00'E	11° 34'N	
塞诺	Xénô	空基	老挝	105° 03'E	16° 35'N	
松空	Xong Khun	空基	老挝			位于巴色市郊
丰沙湾	Phônsavan	空基	老挝	103° 14'E	19° 27'N	
瓦岱机场	Wat Tay Airport; Wattey Airport	空基	老挝	102° 36'E	17° 59'N	
丹老(墨吉)	Mergui	空、海基	缅甸	98° 36'E	12° 26'N	
毛淡棉	Moulmein; Mawlawyine	空、海基	缅甸	97° 38'E	16° 30'N	
实兑	Sittwe	空、海基	缅甸	92° 55'E	20° 09'N	
密铁拉	Meiktila	空基	缅甸	95° 52'E	20° 52'N	
密支那	Myitkyina	空基	缅甸	97° 24'E	25° 23'N	北部军区司令部驻地
毛比		空基	缅甸	96° 04'E	17° 07'N	
仰光	Rangoon	空基	缅甸	96° 10'E	16° 47'N	
敏加拉洞	Mingaladon	空基	缅甸	96° 38'E	16° 54'N	
曼德勒	Mandalay	空基	缅甸	96° 05'E	22° 00'N	
腊戌	Lashio	空基	缅甸	97° 45'E	22° 56'N	东北军区司令部驻地
景栋	Kengtung	空基	缅甸	99° 36'E	21° 17'N	
土瓦	Tavoy; Dawei	空基	缅甸	98° 12'E	14° 02'N	
那空拍侬	Nakhon Phanom	空、海基	泰国	104° 47'E	17° 24'N	湄公河作战分队司令部驻地
清迈	Chiang Mai	空基	泰国	98° 58'E	18° 46'N	
巴蜀	Prachuap Khiri Khan	空基	泰国	99° 49'E	11° 50'N	
打卡里(植基)	Ban Ta Khli; Ta Khli	空基	泰国	100° 21'E	15° 18'N	
乌汶(乌汶叻差他尼)	Ubon Ratchathani	空基	泰国	104° 50'E	15° 15'N	
呵叻(那空叻差是玛)	Korat; Nakhon Ratchasima	空基	泰国	102° 06'E	14° 59'N	
廊曼	Don Muang	空基	泰国	100° 37'E	13° 55'N	
廊开	Nong Khai	空基	泰国	102° 45'E	17° 52'N	
乌隆(乌隆他尼)	Udon Thani	空基	泰国	102° 45'E	17° 25'N	
乌塔保	U-Tapao	空基	泰国	101° 01'E	12° 41'N	
华富里	Lop Buri	空基	泰国	100° 37'E	14° 49'N	
关丹	Kuantan	空、海基	马来西亚	103° 20'E	3° 47'N	西部海军区司令部驻地
纳闽岛(拉布安岛)	Labuan, Pulau	空、海基	马来西亚	115° 13'E	5° 21'N	东部海军区司令部驻地
北海(巴特沃思)	Butter Worth	空基	马来西亚	100° 22'E	5° 24'N	
亚罗士打	Alor Setar	空基	马来西亚	100° 23'E	6° 06'N	
古晋	Kuching	空基	马来西亚	110° 19'E	1° 32'N	
吉隆坡	Kuala Lumpur	空基	马来西亚	101° 43'E	3° 08'N	
甲米地	Cavite	空、海基	菲律宾	120° 55'E	14° 29'N	基地名Sangley Point

克拉克	Clark	空基	菲律宾	120° 33'E	15° 11'N	
帕赛	Pasay	空基	菲律宾	121° 00'E	14° 33'N	
麦克坦岛	Mactan I.	空、海基	菲律宾	123° 58'E	10° 16'N	
巴萨	Basa	空基	菲律宾	120° 29'E	14° 59'N	
丁加	Tengah	空基	新加坡	103° 43'E	1° 23'N	
安汶岛	Ambon, Pulau	空、海基	印度尼西亚	128° 12'E	3° 43'S	
棉兰	Medan	空、海基	印度尼西亚	98° 40'E	3° 35'N	
乌戎潘当(望加锡)	Ujung Pandang (Makassar)	空、海基	印度尼西亚	119° 28'E	5° 09'S	第2空军战区司令部驻地
巴厘巴板	Balikpapan	空基	印度尼西亚	116° 50'E	1° 15'S	
雅加达	Jakarta	空基	印度尼西亚	106° 48'E	6° 10'S	第1空军战区司令部驻地
登巴萨(巴塘)	Denpasar	空基	印度尼西亚	115° 13'E	8° 39'S	
龙目	Lombok	空基	印度尼西亚	116° 40'E	8° 29'S	
巨港(巴邻旁)	Palembang	空基	印度尼西亚	104° 45'E	3° 00'S	
万隆	Bandung	空基	印度尼西亚	107° 34'E	6° 57'S	
朱安达	Juandan	海航基	印度尼西亚	112° 44'E	7° 13'S	
巴勒姆	Pālam	空基	印度	77° 06'E	28° 34'N	
欣东	Hindon	空基	印度	77° 22'E	28° 42'N	
安拉阿巴德	Allahābād	空基	印度	81° 50'E	25° 27'N	
焦特布尔	Jodhpur	空基	印度	73° 02'E	26° 17'N	
那格浦尔	Nāgpur	空基	印度	79° 12'E	21° 10'N	
高哈蒂	Gauhāti	空基	印度	91° 44'E	26° 11'N	
阿姆利则	Amritsar	空基	印度	74° 56'E	31° 35'N	
安巴拉	Ambāla	空基	印度	76° 49'E	30° 19'N	
巴雷利	Bareilly	空基	印度	79° 24'E	28° 20'N	
昌迪加尔	Chandigarh	空基	印度	76° 55'E	30° 44'N	
贾姆讷格尔	Jāmnagar	空基	印度	70° 06'E	22° 28'N	
海德拉巴	Hyderābād	空基	印度	78° 26'E	17° 22'N	
阿格拉	Agra	空基	印度	78° 00'E	27° 09'N	
伯坦果德	Pathānkot	空基	印度	75° 39'E	32° 17'N	
提斯浦尔	Tezpur	空基	印度	92° 49'E	26° 38'N	
卡图纳耶克	Katunayake	空基	斯里兰卡	79° 53'E	7° 10'N	
柴纳湾	China Bay	空基	斯里兰卡	81° 11'E	8° 33'N	
默利尔	Malir	空基	巴基斯坦	67° 11'E	24° 52'N	
萨戈达	Sargodha	空基	巴基斯坦	72° 40'E	32° 01'N	
白沙瓦	Peshāwar	空基	巴基斯坦	71° 33'E	34° 01'N	
科哈特	Kohāt	空基	巴基斯坦	71° 26'E	33° 35'N	
吉尔吉特	Gilgit	空基	克什米尔	74° 18'E	35° 55'N	巴基斯坦实际控制区
马斯鲁尔	Masroor	空基	巴基斯坦	66° 56'E	24° 54'N	
卡拉奇	Karachi	空基	巴基斯坦	67° 03'E	24° 52'N	
费萨尔	Faisal	空基	巴基斯坦	67° 06'E	24° 52'N	
里萨尔布尔	Risālpur	空基	巴基斯坦	72° 02'E	34° 05'N	
信丹德	Shindand	空基	阿富汗	62° 05'E	33° 16'N	
坎大哈	Qandahār	空基	阿富汗	65° 30'E	31° 32'N	
赫拉特	Herāt	空基	阿富汗	62° 12'E	34° 20'N	
马扎里沙里夫	Mazari Sharif; Mazar-i-Sharif	空基	阿富汗	67° 00'E	36° 41'N	
法扎巴德	Faizābād	空基	阿富汗	70° 34'E	37° 06'N	
喀布尔	Kabul	空基	阿富汗	69° 11'E	34° 32'N	
巴格拉姆	Bagrāmē	空基	阿富汗	69° 14'E	34° 58'N	

法拉	Farāh	空基	阿富汗	62° 07'E	32° 22'N	
贾拉拉巴德	Jalālābād	军用机场	阿富汗	70° 28'E	34° 26'N	
布什尔	Būshehr; Bushire	空、海基	伊朗	50° 50'E	28° 59'N	第二海军区驻地
设拉子	Shirāz	空基	伊朗	52° 34'E	29° 38'N	
伊斯法罕	Esfahān; Isfahan	空基	伊朗	51° 38'E	32° 40'N	
大不里士	Tabriz	空基	伊朗	46° 18'E	38° 05'N	
德黑兰	Tehrān; Teheran	空基	伊朗	51° 26'E	35° 40'N	
阿瓦士	Ahwaz; Ahvāz	空基	伊朗	48° 43'E	31° 17'N	
恰赫巴哈尔	Chāh Bahār	空基	伊朗	60° 37'E	25° 18'N	
巴士拉	Basrah, Al; Basra	空、海基	伊拉克	47° 50'E	30° 30'N	
摩苏尔	Mawsil, Al; Mosul	空基	伊拉克	43° 08'E	36° 21'N	
拉希德	Rashid	空基	伊拉克			位于迪瓦尼椰东北侧
基尔库克	Kirkūk	空基	伊拉克	44° 26'E	35° 28'N	
哈巴尼亚	Ḥabbāniyah	空基	伊拉克	43° 35'E	33° 22'N	
巴格达	Baghdād	空基	伊拉克	44° 26'E	33° 20'N	
吉达	Jiddah	空、海基	沙特阿拉伯	39° 12'E	21° 30'N	西部舰队司令部驻地
宰赫兰	Dhahran	空基	沙特阿拉伯	50° 08'E	26° 18'N	基地名King Abdul al-Aziz
塔伊夫	Ṭā, if, Aṭ; Taif	空基	沙特阿拉伯	40° 24'E	21° 16'N	基地名King Fahd
利雅得	Riyāḍ, Ar; Riyadh	空基	沙特阿拉伯	46° 43'E	24° 38'N	
泰布克	Tabūk	空基	沙特阿拉伯	36° 32'E	28° 22'N	
麦地那	Madínah, Al; Madina	空基	沙特阿拉伯	39° 36'E	24° 28'N	
巴尔米拉	Palmyra	空基	叙利亚	38° 17'E	34° 33'N	
大马士革	Dimashq; Damascus	空基	叙利亚	36° 18'E	33° 30'N	
杜迈尔	Dumeir; Dumayr	空基	叙利亚	36° 42'E	33° 38'N	
鲁萨费	Ruṣāfah, Af; Rasafah	空基	叙利亚	38° 43'E	35° 38'N	
阿勒颇	Ḥalab; Aleppo	空基	叙利亚	37° 10'E	36° 14'N	
哈马	Ḥamāh; Hama	空基	叙利亚	36° 45'E	35° 08'N	
海勒海莱	Khalkhalah	空基	叙利亚	36° 31'E	33° 04'N	
亚喀巴	‘Aqaba	空、海基	约旦	35° 00'E	29° 32'N	
安曼	‘Ammān	空基	约旦	35° 56'E	31° 57'N	
马弗拉克	Mafraq	空基	约旦	36° 12'E	32° 21'N	
贝鲁特	Beirut; Bayrūt	空、海基	黎巴嫩	35° 30'E	33° 52'N	
里亚格	Riyāq; Rayak	空基	黎巴嫩	36° 02'E	33° 52'N	
朱拜勒	Jubayt; Jabil	空基	黎巴嫩	35° 39'E	34° 07'N	
泰勒·诺夫(埃克龙)	Tel Nof	空基	以色列	34° 50'E	31° 50'N	
帕尔马希姆(亚夫内)	Palmachim	空基	以色列	34° 41'E	31° 53'N	
斯德·多夫	Sde Dov	空基	以色列	34° 46'E	32° 06'N	
锡尔金村	Kfar Sirkin	空基	以色列	34° 56'E	32° 04'N	
马哈纳伊姆	Mahanayim	空基	以色列	35° 34'E	32° 59'N	
海尔兹利亚	Herzliyya	空基	以色列	34° 50'E	32° 10'N	
拉马特大卫	Ramat Dawid; Ramat David	空基	以色列	35° 12'E	32° 40'N	
塞多姆	Sedom	空基	以色列	35° 24'E	31° 04'N	
卢德	Lod	空基	以色列	34° 53'E	32° 00'N	
特拉维夫－雅法	Tel Aviv-Yafo; Tel Aviv-Jaffa	空基	以色列	34° 46'E	32° 05'N	
安卡拉	Ankara	国际机场	土耳其	32° 59'E	40° 07'N	
阿肯哲		空基	土耳其	32° 35'E	40° 05'N	
埃帝梅苏特	Etimesgut	空基	土耳其	32° 40'E	39° 57'N	

伊斯坦布尔	Istanbul	空、海基	土耳其	28° 57'E	41° 02'N	北海区和伊斯坦布尔海峡司令部驻地
奇格利	Cigli	空基	土耳其			位于伊兹密尔市西北15千米处，土耳其和北约合用
穆尔特德	Murted	空基	土耳其			位于安卡拉市西北30千米处，土耳其和北约合用
因哲尔利克	Incirlik	空基	土耳其			位于阿达纳市城东处，14.5千米，美国使用
埃斯基谢希尔	Eskişehir	空基	土耳其	30° 32'E	39° 46'N	土耳其和北约合用
埃尔祖鲁姆	Erzurum	空基	土耳其	41° 17'E	39° 55'N	土耳其和北约合用
迪亚巴克尔	Diyarbarkir; Diyarbakir	空基	土耳其	40° 14'E	37° 55'N	土耳其和北约合用
巴勒克埃西尔	Balikesir	空基	土耳其	27° 51'E	39° 37'N	
班德尔马	Bandirma	空基	土耳其	27° 58'E	40° 21'N	土耳其和北约合用
梅尔济丰	Merzifon	空基	土耳其	35° 28'E	40° 52'N	土耳其和北约合用
马德望	Battambang	空基	柬埔寨	103° 13'E	13° 06'N	
波成东	Poŭthichĕntŏng	空基	柬埔寨	104° 30'E	11° 30'N	
吉大港	Chittagong	空、海基	孟加拉国	91° 50'E	22° 20'N	
达卡	Dhākā	空、海基	孟加拉国	90° 22'E	23° 42'N	
杰索尔	Jessore	空基	孟加拉国	89° 13'E	23° 10'N	
贝拉卡斯营	Berakas Camp	空基	文莱			位于首都郊区
加德满都	Kathmandu	空基	尼泊尔	85° 19'E	27° 43'N	
多哈	Doha; Dawḩah, Ad	空、海基	卡塔尔	51° 32'E	25° 17'N	
阿布扎比	Abu Ẓaby; Abū Dhabi	空、海基	阿拉伯联合酋长国	54° 25'E	24° 28'N	海基名扎伊德港 (Mina'Zayd)，空基名拜延(Batin)
迪拜	Dubai	空、海基	阿拉伯联合酋长国	55° 18'E	25° 18'N	海基名拉希德港(Mina Rashid)
沙迦	Sharjah; Shariqah, Ash	空、海基	阿拉伯联合酋长国	55° 23'E	25° 22'N	海基名哈利德港 (Mina khalid)
锡卜	Seeb	空、海基	阿曼	58° 17'E	23° 35'N	
塞迈里特	Thamarit	空基	阿曼	53° 59'E	17° 44'N	
塞拉莱	Salalah	空基	阿曼	54° 04'E	17° 00'N	
马西拉岛	Maşirah	空基	阿曼	58° 50'E	20° 30'N	
穆卡拉	Mukallā, Al	空、海基	也门	49° 08'E	14° 42'N	
荷台达	Hudaydah, Al; Hodeida	空、海基	也门	43° 12'E	14° 48'N	
萨那	Sana	空基	也门	44° 14'E	15° 24'N	
塔伊兹	Ta'izz; Taiz	空基	也门	44° 02'E	13° 35'N	
豪尔迈克塞尔	Khormakshar; Khormaksar	空基	也门	45° 02'E	12° 50'N	
拜汉盖萨卜	Bayḩān al Qaş āb	空基	也门	45° 45'E	14° 52'N	
阿塔格	'Ataq	空基	也门	46° 48'E	14° 31'N	
塔尔迪库尔干	Taldy-Kurgan	空基	哈萨克斯坦	78° 23'E	45° 02'N	
巴尔喀什	Balkhash; Balhaš	空基	哈萨克斯坦	74° 57'E	46° 50'N	
塞米巴拉金斯克	Semipalatinsk	空基	哈萨克斯坦	80° 16'E	50° 26'N	
阿拉木图	Alma-Ata	军用机场	哈萨克斯坦	76° 50'E	43° 15'N	军民合用
拜科努尔	Bajkonur	航天发射中心	哈萨克斯坦	63° 20'E	46° 00'N	俄罗斯使用，位于卡拉干达州境内
杜尚别	Dushanbe; Dušanbe	空基	塔吉克斯坦	68° 48'E	38° 35'N	
安基延	Andizhan; Andižan	空基	乌兹别克斯坦	72° 23'E	40° 48'N	
塔什干	Tashkent; Taš Kent	军用机场	乌兹别克斯坦	69° 13'E	41° 16'N	
甘岛	Gan I.	空、海基	马尔代夫	73° 10'E	0° 40'S	现闲置
达尔文	Darwin	空、海基	澳大利亚	130° 50'E	12° 28'S	
利尔蒙斯	Learmonth	空基	澳大利亚	114° 04'E	22° 13'S	

汤斯维尔	Townsville	空基	澳大利亚	146° 48'E	19° 13'S	
安伯利	Amberley	空基	澳大利亚	152° 41'E	27° 37'S	
皮尔斯	Pearce	空基	澳大利亚	116° 01'E	31° 41'S	
里士满	Richmond	空基	澳大利亚	150° 48'E	33° 37'S	
波因特库克	Point Cook	空基	澳大利亚	144° 45'E	37° 56'S	
拉弗顿	Laverton	空基	澳大利亚	122° 25'E	28° 38'S	
克赖斯特彻奇	Christchurch	空基	新西兰	172° 38'E	43° 32'S	
霍布森维尔	Hobsonville	空基	新西兰	174° 39'E	36° 48'S	
韦努阿佩	Whenuapai	空基	新西兰	174° 38'E	36° 47'S	
奥哈奇	Ohakea	空基	新西兰	175° 23'E	40° 12'S	
莫尔兹比港	Port Moresby	空、海基	巴布亚新几内亚	147° 10'E	9° 30'S	
洛伦高	Lorengau	空、海基	巴布亚新几内亚	147° 20'E	2° 01'S	
莱城	Lae	空基	巴布亚新几内亚	147° 00'E	6° 45'S	
齐斯楚普	Tirstrup	空基	丹麦	10° 42'E	56° 18'N	
奥尔堡	Ålborg	空基	丹麦	9° 56'E	57° 03'N	
卡鲁普	Karup	空基	丹麦	9° 10'E	56° 19'N	
斯克吕斯楚普	Skrydstrup	空基	丹麦	9° 15'E	55° 14'N	
韦勒瑟	Værløse	空基	丹麦	12° 23'E	55° 47'N	
图勒	Thule	空基	格陵兰岛(丹麦)	69° 29'W	77° 30'N	美国使用
南斯特伦菲尤尔	Søndre Strømfjord	空基	格陵兰岛(丹麦)	50° 30'W	67° 05'N	美国使用
博德	Bodø	空基	挪威	14° 26'E	67° 18'N	
安岛	Andoya I.; Andøy	空基	挪威	15° 54'E	69° 08'N	
巴杜福斯	Bardufoss	空基	挪威	18° 30'E	69° 04'N	
苏拉	Sola	空基	挪威	5° 36'E	58° 53'N	
瑟德港	Soderhamn	空基	瑞典	17° 10'E	61° 19'N	
乌普萨拉	Uppsala	空基	瑞典	17° 38'E	59° 55'N	
卡尔斯堡	Karlsborg	空基	瑞典	23° 13'E	65° 47'N	
吕勒奥	Luleå	空基	瑞典	22° 10'E	65° 34'N	
北雪平	Norrkoping	空基	瑞典	16° 11'E	58° 36'N	
恩厄尔霍尔姆	Angelholm	空基	瑞典	12° 50'E	56° 15'N	
索特奈斯	Satenas	空基	瑞典	12° 41'E	58° 26'N	
弗勒瑟	Frösö; Frösön	空基	瑞典	14° 31'E	63° 10'N	
摩尔曼斯克	Murmansk	空、海基	俄罗斯联邦	33° 08'E	68° 59'N	
加里宁格勒	Kaliningrad	空、海基	俄罗斯联邦	37° 49'E	55° 55'N	波罗的海舰队司令部驻地
符拉迪沃斯托克(海参崴)	Vladivostok	空、海基	俄罗斯联邦	131° 53'E	43° 07'N	太平洋舰队司令部驻地
马加丹	Magadan	空、海基	俄罗斯联邦	150° 48'E	59° 34'N	
莫斯科	Moscow; Moskva	空基	俄罗斯联邦	37° 37'E	55° 45'N	莫斯科军区司令部驻地
圣彼得堡	St. Petersburg	空基	俄罗斯联邦	30° 19'E	59° 57'N	列宁格勒军区司令部驻地
阿尔汉格尔斯克	Arkhangel'sk	空基	俄罗斯联邦	40° 40'E	64° 32'N	
伏尔加格勒	Volgograd	空基	俄罗斯联邦	44° 30'E	48° 45'N	
萨马拉	Samara	空基	俄罗斯联邦	50° 10'E	53° 10'N	伏尔加军区司令部驻地
鄂木斯克	Omsk	空基	俄罗斯联邦	73° 24'E	55° 00'N	
新西伯利亚	Novosibirsk	空基	俄罗斯联邦	82° 55'E	55° 02'N	西伯利亚军区司令部驻地
伊尔库茨克	Irkutsk; Irkuch	空基	俄罗斯联邦	104° 15'E	52° 18'N	
赤塔	Chita; Cita	空基	俄罗斯联邦	113° 35'E	52° 03'N	后贝加尔军区司令部驻地
乌卡	Uka	空基	俄罗斯联邦	162° 02'E	57° 50'N	
斯摩棱斯克	Smolensk	空基	俄罗斯联邦	32° 04'E	54° 49'N	
博尔贾	Borzya	空基	俄罗斯联邦	116° 35'E	50° 24'N	

共青城	Komsomol'sk-na-Amure	空基	俄罗斯联邦	136° 59'E	50° 32'N	又称“阿穆尔河畔共青城”
斯米尔内赫	Smirnykh; Smirnyh	空基	俄罗斯联邦	142° 56'E	49° 44'N	
乌苏里斯克(双城子)	Ussurijsk	空基	俄罗斯联邦	131° 59'E	43° 48'N	
科尔萨科夫	Korsakov	空、海基	俄罗斯联邦	142° 46'E	46° 38'N	
哈巴罗夫斯克(伯力)	Khabarovsk; Habarovsk	空基	俄罗斯联邦	135° 06'E	48° 27'N	远东军区司令部驻地
普列谢茨克	Plesets; Pleseck	航天发射中心	俄罗斯联邦	40° 21'E	62° 42'N	
罗斯托夫	Rostov		俄罗斯联邦	39° 45'E	47° 15'N	北高加索军区司令部驻地
叶卡捷琳堡	Yekaterinburg		俄罗斯联邦	60° 36'E	56° 51'N	乌拉尔军区司令部驻地
敖德萨	Odessa	空、海基	乌兰克	30° 46'E	46° 30'N	黑海舰队基地
基辅	Kiev	空基	乌兰克	30° 30'E	50° 25'N	
利沃夫	L'vov	空基	乌兰克	24° 00'E	49° 50'N	
扎波罗热	Zaporozh'ye; Zaporožje	空基	乌兰克	35° 10'E	47° 50'N	
普里卢基	Priluki	空基	乌兰克	31° 20'E	56° 07'N	
乌津镇	Utinoye	空基	乌兰克	34° 59'E	45° 38'N	
文尼察	Vinnitsa	空基	乌兰克	28° 30'E	49° 11'N	
明斯克	Minsk	空基	白俄罗斯	27° 30'E	53° 51'N	
格但斯克	Gdańsk	空、海基	波兰	18° 40'E	54° 23'N	
什切青	Szczecin	空基	波兰	14° 32'E	53° 25'N	
比得哥什	Bydgoszcz	空基	波兰	18° 00'E	53° 16'N	
弗罗茨瓦夫	Wroclaw	空基	波兰	17° 00'E	51° 05'N	
克拉科夫	Kraków	空基	波兰	19° 58'E	50° 03'N	
卢布林	Lublin	空基	波兰	22° 35'E	51° 15'N	
波兹南	Poznan	空基	波兰	16° 55'E	52° 25'N	
拉多姆	Radom	空基	波兰	21° 10'E	51° 25'N	
布拉格	Prague; Praha	空基	捷克	14° 26'E	50° 05'N	
扎泰茨	Zatec	空基	捷克	13° 34'E	50° 20'N	
布尔诺	Brno	空基	捷克	16° 40'E	49° 13'N	
比尔森	Plzeň; Praha	空基	捷克	13° 23'E	49° 45'N	
海布	Cheb	空基	捷克	12° 28'E	50° 08'N	
科希策	Košice	空基	斯洛伐克	21° 15'E	48° 42'N	
布达佩斯	Budapest	空基	匈牙利	19° 03'E	47° 30'N	
米什科尔茨	Miskolc	空基	匈牙利	20° 47'E	48° 06'N	
佩奇	Pecs	空基	匈牙利	18° 14'E	46° 05'N	
德布勒森	Debrecen	空基	匈牙利	21° 38'E	47° 32'N	
考波什堡	Kaposvár	空基	匈牙利	17° 47'E	46° 22'N	
塞格德	Szeged	空基	匈牙利	20° 09'E	46° 15'N	
杰尔	Györ	空基	匈牙利	17° 38'E	47° 42'N	
帕波	Pápa	空基	匈牙利	17° 28'E	47° 20'N	
塞克什白堡	Szekesfehervar	空基	匈牙利	18° 25'E	47° 12'N	
松博特海伊	Szombathely	空基	匈牙利	16° 38'E	47° 14'N	
索尔诺克	Szolnok	空基	匈牙利	20° 10'E	47° 10'N	
尼赖吉哈左	Nyíregyháza	空基	匈牙利	21° 43'E	47° 57'N	
佩讷明德	Peenemunde	空、海基	德国	13° 46'E	54° 09'N	
施特劳斯贝格	Strausberg	空基	德国	13° 53'E	52° 34'N	
德累斯顿	Dresden	空基	德国	13° 44'E	51° 03'N	
新勃兰登堡	Neubrandenburg	空基	德国	13° 15'E	53° 33'N	
包岑	Bautzen	空基	德国	14° 29'E	51° 11'N	
勃兰登堡	Brandenburg	空基	德国	12° 34'E	52° 25'N	
科特布斯	Cottbus	空基	德国	14° 21'E	51° 43'N	

德绍	Dessau	空基	德国	12° 14'E	51° 50'N	
卡门茨	Kamenz	空基	德国	14° 08'E	51° 17'N	
诺伊堡	Neuburg	空基	德国	11° 36'E	53° 58'N	
兰茨贝格	Landsberg	空基	德国	12° 11'E	51° 32'N	
莱希菲尔德	Lechfeld	空基	德国	10° 51'E	48° 11'N	
梅明根	Memmingen	空基	德国	10° 11'E	47° 59'N	
讷尔沃尼希	Norvenich	空基	德国	6° 38'E	50° 48'N	
莱茵－美因	Rhein-Main	空基	德国	8° 34'E	50° 02'N	美国使用
拉姆施泰因	Ramstein	空基	德国	7° 36'E	49° 26'N	美国使用
林茨	Linz	空基	奥地利	14° 18'E	48° 18'N	
采尔特韦格	Zeltweg	空基	奥地利	14° 46'E	47° 12'N	
格拉茨	Graz	空基	奥地利	15° 27'E	47° 05'N	
施瓦茨	Schwaz	空基	奥地利	11° 44'E	47° 21'N	
克拉根福	Klagenfurt	空基	奥地利	14° 18'E	46° 38'N	
帕耶讷	Payerne	空基	瑞士	6° 57'E	46° 49'N	
埃门	Emmen	空基	瑞士	8° 18'E	41° 05'N	
马加迪诺	Magadino	空基	瑞士	8° 52'E	46° 09'N	
迪本多夫	Dubendorf	空基	瑞士	8° 37'E	47° 23'N	
锡永	Sion	空基	瑞士	7° 22'E	46° 14'N	
布奥克斯	Buochs	空基	瑞士	8° 26'E	46° 58'N	
希尔泽－赖恩	Gilze-Rijen	空基	荷兰	4° 56'E	51° 33'N	
艾恩德霍芬	Eindhoven	空基	荷兰	5° 28'E	51° 26'N	
吕伐登	Leeuwarden	空基	荷兰	5° 46'E	53° 12'N	
苏斯特贝赫	Soesterberg	空基	荷兰	5° 17'E	52° 07'N	美国使用
沃尔克尔	Volkel	空基	荷兰	5° 40'E	51° 39'N	美、荷合用
科克赛德	Koksijde	空基、海航站	比利时	2° 38'E	51° 07'N	美、比共用空基
博沃尚	Beauvechain	空基	比利时	4° 47'E	50° 47'N	
比耶尔塞	Bierset	空基	比利时	5° 26'E	50° 39'N	
弗洛雷讷	Florennes	空基	比利时	4° 36'E	50° 15'N	
梅尔斯布鲁克	Melsbroek	空基	比利时	4° 29'E	50° 55'N	
小布罗赫尔	Kleine Brogel	空基	比利时	5° 27'E	51° 10'N	
布鲁塞尔	Brussels; Bruxelles		比利时	4° 20'E	50° 50'N	北约总部驻地
蒙斯	Mons		比利时	3° 56'E	50° 27'N	欧洲盟军最高司令部驻地
谢夫尔	Chievres	空基	比利时	3° 49'E	50° 35'N	欧洲盟军基地
奥尔肯伯里	Alconbury	空基	英国	0° 16'W	52° 22'N	美国使用
莱肯希思	Lakenheath	空基	英国	0° 31'E	52° 25'N	美国使用
上黑福特	Upper Heyford	空基	英国	1° 15'W	51° 56'N	美国使用
米尔登霍尔	Mildenhall	空基	英国	0° 29'E	52° 22'N	美国使用
格林汉康芒	Greenham Common	空基	英国	1° 17'W	51° 23'N	美国原使用基地
宾布鲁克	Binbrook	空基	英国	0° 10'W	53° 27'N	
利明	Leeming	空基	英国	1° 33'W	54° 18'N	
斯坎普顿	Scampton	空基	英国	0° 35'W	53° 18'N	
瓦利	Valley	空基	英国	4° 34'W	53° 17'N	
科尔蒂瑟尔	Coltishall	空基	英国	1° 22'E	52° 44'N	
洛西茅斯	Lossiemouth	空基	英国	3° 18'W	57° 43'N	
莱纳姆	Lyneham	空基	英国	1° 58'W	51° 31'N	
马汉姆	Marham	空基	英国	0° 31'E	52° 39'N	
布莱兹诺顿	Brize Norton	空基	英国	1° 33'W	51° 45'N	
金德利	Kindley	海航站	百慕大(英)	64° 42'W	32° 22'N	美国使用

戈曼斯顿	Gormanston	空基	爱尔兰	6° 14'W	53° 38'N	
巴黎	Paris	空基	法国	2° 20'E	48° 50'N	
梅斯	Metz	空基	法国	6° 10'E	49° 08'N	
斯特拉斯堡	Strasbourg	空基	法国	7° 45'E	48° 35'N	
南锡	Nancy	空基	法国	6° 12'E	48° 41'N	
阿沃尔	Avord	空基	法国	2° 38'E	47° 03'N	
波尔多	Bordeaux	空基	法国	0° 42'W	44° 49'N	
奥尔良	Orleans	空基	法国	1° 54'E	47° 54'N	
康布雷	Cambrai	空基	法国	3° 14'E	50° 10'N	
卡佐	Cazaux	空基	法国	1° 08'W	44° 32'N	
奥朗日	Orange	空基	法国	4° 48'E	44° 08'N	
科尔马	Colmar	空基	法国	7° 21'E	48° 05'N	
第戎	Dijon	空基	法国	5° 02'E	47° 20'N	
图勒	Toul	空基	法国	5° 54'E	48° 41'N	
兰斯	Reims	空基	法国	4° 02'E	49° 15'N	
索伦扎拉	Solenzara	军用机场	法国	9° 24'E	41° 51'N	
维莱古布莱	Villacoublay	军用机场	法国	2° 10'E	98° 45'N	
库鲁	Kourou	航天发射中心	圭亚那(法)	52° 39'W	5° 09'N	欧洲宇航局使用
留尼汪岛	Réunion; La Réunion	空基	留尼汪岛(法)	55° 30'E	21° 00'S	法国驻印度洋军事力量总部所在地
拉斯帕尔马斯	Las Palmas; Lsa Palimas	空、海基	西班牙	15° 27'W	28° 08'N	加那利群岛海军区司令部驻地
阿尔瓦塞特	Albacete	空基	西班牙	1° 52'W	39° 00'N	
巴伦西亚	Valencia	空基	西班牙	0° 24'W	39° 29'N	
赫塔佛	Getafe	空基	西班牙	3° 44'W	40° 18'N	
圣哈维尔	San Javier	空基	西班牙	0° 50'W	37° 49'N	
莫龙	Morón	空基	西班牙	5° 27'W	37° 07'N	美国使用
萨拉戈萨	Zaragoza	空基	西班牙	0° 54'W	41° 39'N	美国使用
托雷洪	Torrejon	空基	西班牙	3° 43'W	40° 24'N	美国使用
波尔特拉	Portela	空基	葡萄牙	9° 08'W	38° 46'N	位于里斯本东北郊
贝雅	Beja	空基	葡萄牙	7° 52'W	38° 01'N	
辛特拉	Sintra	空基	葡萄牙	9° 22'W	38° 48'N	
拉日什	Lajes	空基	亚速尔(葡)	27° 07'W	38° 45'N	美国使用
圣雅辛图	Sao Jacinto	空基	葡萄牙	8° 44'W	40° 40'N	
蒙蒂茹	Montejo	空基	葡萄牙	8° 59'W	38° 42'N	
卡里亚里	Cagliari	空、海基	意大利	9° 08'E	39° 13'N	
锡戈内拉	Sigonella	海航站	意大利	14° 55'E	37° 24'N	美国使用
卡梅里	Cameri	空基	意大利	8° 39'E	45° 30'N	
切尔维亚	Cervia	空基	意大利	12° 21'E	44° 16'N	
布林迪西	Brindisi	空基	意大利	17° 57'E	40° 37'N	
卡塔尼亚	Catania	空基	意大利	15° 06'E	37° 30'N	
焦亚－德尔科来	Gioia del Colle	空基	意大利	16° 56'E	40° 47'N	
格罗塞托	Grosseto	空基	意大利	11° 08'E	42° 46'N	
拉蒂纳	Latina	空基	意大利	12° 52'E	41° 28'N	
巴里	Bari	空基	意大利	16° 52'E	41° 07'N	
比萨	Pisa	空基	意大利	10° 23'E	43° 43'N	
罗马	Roma	空基	意大利	12° 30'E	41° 53'N	位于罗马效区基地名为Pratica di Mare
里米尼	Rimini	空基	意大利	12° 34'E	44° 03'N	
特雷维索	Treviso	空基	意大利	12° 15'E	45° 40'N	位于特雷维索西效，基地名为Istrana

盖迪	Ghedi	空基	意大利	10° 16'E	45° 24'N	
圣维托	San Vito	空基	意大利	17° 42'E	40° 40'N	美国使用
维罗纳	Verona	空基	意大利	11° 00'E	45° 26'N	
阿维亚诺	Aviano	空基	意大利	12° 35'E	46° 84'N	美国使用
代奇莫曼努	Decimomannu	空基	意大利	8° 58'E	39° 19'N	
维琴察	Vicenza	空基	意大利	11° 32'E	45° 33'N	
康斯坦察	Constanta	空、海基	罗马尼亚	28° 40'E	44° 10'N	
阿拉德	Arad	空基	罗马尼亚	21° 20'E	46° 11'N	
马马亚	Mamaia	空基	罗马尼亚	28° 39'E	44° 15'N	
克勒拉希	Călărasi	空基	罗马尼亚	27° 20'E	44° 11'N	
加拉茨	Galati; Galatz	空基	罗马尼亚	28° 03'E	45° 26'N	
布泽乌	Buzău	空基	罗马尼亚	26° 49'E	45° 09'N	
巴克乌	Bacău	空基	罗马尼亚	26° 55'E	46° 34'N	
萨图马雷	Satu Mare	空基	罗马尼亚	22° 52'E	47° 48'N	
奥托佩尼	Opopeni	空基	罗马尼亚	26° 04'E	44° 32'N	
克拉约瓦	Craiova	空基	罗马尼亚	23° 50'E	44° 20'N	
克卢日－纳波卡	Cluj-Napoca	空基	罗马尼亚	23° 37'E	46° 47'N	
巴尔奇克	Balchik	空、海基	保加利亚	28° 10'E	43° 24'N	
布尔加斯	Burgas	空、海基	保加利亚	27° 29'E	42° 30'N	
索非亚	Sofia; Safiya	空基	保加利亚	23° 19'E	42° 41'N	
普罗夫迪夫	Plovdiv	空基	保加利亚	24° 45'E	42° 09'N	
卡尔洛沃	Karlovo	空基	保加利亚	24° 48'E	42° 38'N	
托尔布欣	Tolbukhin	空基	保加利亚	27° 50'E	43° 34'N	
发罗拉	Valona; Vlorë	空、海基	阿尔巴尼亚	19° 29'E	40° 29'N	
地拉那	Tiranë; Tirana	空基	阿尔巴尼亚	19° 49'E	41° 20'N	
斯大林城	Qyteti stalin	空基	阿尔巴尼亚	19° 56'E	40° 49'N	
苏扎湾	Sudha Bay; Suda bay	空、海基	希腊	24° 20'E	35° 30'N	美国使用
埃利尼科	Ellinikó	空基	希腊	23° 43'E	37° 53'N	美国原使用基地
伊拉克利翁	Iráklion; Iráclion	空基	希腊	25° 08'E	35° 20'N	美国使用
拉里萨	lárisa	空基	希腊	22° 25'E	39° 38'N	
卡拉迈 (卡拉马塔)	Kalamai (Kalamata)	空基	希腊	22° 07'E	37° 04'N	
新安希亚洛斯	Nea Ankhialos	空基	希腊	22° 49'E	39° 16'N	
塔纳格拉	Tanagra	空基	希腊	23° 32'E	38° 20'N	
塞萨洛尼基	Thessaloníki	空基	希腊	22° 56'E	40° 38'N	
廷巴基翁	Timbákion	空基	希腊	24° 45'E	35° 04'N	
卢加国际机场	Luqa International Airport	空基	马耳他	14° 30'E	35° 52'N	军民合用
普拉	Pula	空、海基	克罗地亚	13° 50'E	44° 52'N	
萨格勒布	Zagreb	空基	克罗地亚	15° 58'E	45° 48'N	
卢布尔雅那	Ljubljana	空基	斯洛文尼亚	14° 30'E	46° 04'N	
斯科普里	Skopje; Skoplie	空基	马其顿	21° 28'E	42° 00'N	
古尔代盖	Ghurdaqa, El; Hurghada	空、海基	埃及	33° 47'E	27° 17'N	红海舰队司令部驻地
阿勒马扎机场	Almaza Airport	空基	埃及	31° 05'E	29° 05'N	
曼苏拉	Manş ūrah, Al	空基	埃及	31° 23'E	31° 03'N	
坦塔	Tantâ	空基	埃及	31° 00'E	30° 48'N	
贝尼苏韦夫	Beni Suêf	空基	埃及	31° 05'E	29° 05'N	
开罗西机场	Cairo West Airport	空基	埃及	30° 52'E	30° 10'N	
明亚	Minyâ, El	空基	埃及	30° 45'E	28° 06'N	
法伊德	Fâyid	空基	埃及	32° 16'E	30° 18'N	
拜纳斯角	Banâs, Râs	空基	埃及	35° 48'E	23° 54'N	

比勒拜斯	Bilbeis; Bilbays	空基	埃及	31° 34'E	30° 25'N	
卢克索	Luxor	空基	埃及	32° 39'E	25° 41'N	
阿布苏韦尔	Abū Suweir	空基	埃及	32° 09'E	30° 34'N	
比塞大	Bizerte; Bizerta	空、海基	突尼斯	9° 52'E	37° 18'N	
斯法克斯	Sfax	空、海基	突尼斯	10° 43'E	34° 45'N	
莫纳斯提尔	Monastir	空基	突尼斯	10° 50'E	35° 47'N	
加贝斯	Gabes	空基	突尼斯	10° 06'E	33° 52'N	
杰尔巴	Djerba	空基	突尼斯	10° 54'E	33° 48'N	
班加西	Banghazi; Benghāzi	空、海基	利比亚	20° 05'E	32° 07'N	空基名Baninah
纳赛尔	Nasir	空基	利比亚	23° 58'E	31° 45'N	
阿克巴本纳菲	Uqbabinnafi	空基	利比亚	13° 20'E	32° 50'N	原美国"惠勒斯 Wheelus"空军基地
阿尔及尔	Alger; Algiers	空、海基	阿尔及利亚	3° 08'E	36° 42'N	
凯比尔港	Mers el Kebir	空、海基	阿尔及利亚	0° 43'W	35° 48'N	
西迪贝勒阿巴斯	Sidi Bel Addes	空基	阿尔及利亚	0° 39'W	35° 15'N	
瓦尔格拉	Ouargla	空基	阿尔及利亚	5° 25'E	31° 59'N	
拉甘	Reggane	空基	阿尔及利亚	0° 13'E	26° 42'N	
布法里克	Boufarik	空基	阿尔及利亚	2° 54'E	36° 36'N	
奥兰	Oran	空基	阿尔及利亚	0° 43'W	35° 43'N	
比斯克拉	Biskra	空基	阿尔及利亚	5° 41'E	34° 50'N	
达尔贝达	Dar el BeÏda	空基	阿尔及利亚	3° 30'E	36° 40'N	
达尔贝达	Dar el Baida	空、海基	摩洛哥	7° 35'W	33° 39'N	
马拉喀什	Marrâkech	空基	摩洛哥	8° 00'W	31° 48'N	
梅克内斯	Meknes	空基	摩洛哥	5° 37'W	33° 53'N	
努瓦塞尔	Nouassér; Nouasseur	空基	摩洛哥	7° 38'W	33° 25'N	
拉各斯	Lagos	空、海基	尼日利亚	3° 24'E	6° 27'N	西区海军司令部驻地，海基名Apapa
哈科特港	Port Harcourt	空、海基	尼日利亚	7° 10'E	4° 43'N	
卡诺	Kano	空基	尼日利亚	8° 31'E	12° 00'N	
卡杜纳	Kaduna	空基	尼日利亚	7° 27'E	10° 33'N	
贝宁城	Benin City	空基	尼日利亚	5° 38'E	6° 20'N	
马库尔迪	Makurdi	空基	尼日利亚	8° 35'E	7° 44'N	
埃努古	Enugu	空基	尼日利亚	7° 27'E	6° 27'N	
达累斯萨拉姆	Dar es Salaam	空、海基	坦桑尼亚	39° 17'E	6° 48'S	
桑给巴尔	Zanzibar	空、海基	坦桑尼亚	39° 12'E	6° 10'S	
莫罗戈罗	Morogoro	空基	坦桑尼亚	37° 40'E	6° 49'S	
塔波拉	Tabora	空基	坦桑尼亚	32° 49'E	5° 01'S	
阿鲁沙	Arusha	空基	坦桑尼亚	36° 40'E	3° 23'S	
姆贝亚	Mbeya	空基	坦桑尼亚	33° 29'E	8° 54'S	
米库米	Mikumi	空基	坦桑尼亚	37° 00'E	7° 22'S	
莫希	Moshi	空基	坦桑尼亚	37° 20'E	3° 21'S	
卢萨卡	Lusaka	空基	赞比亚	28° 17'E	15° 25'S	
蒙布瓦	Mumbwa	空基	赞比亚	27° 01'E	15° 00'S	
马兰巴	Maramba	空基	赞比亚	25° 53'E	17° 50'S	
哈拉雷	Harare	空基	津巴布韦	31° 03'E	17° 50'S	
布拉瓦约	Bulawayo	空基	津巴布韦	28° 43'E	20° 10'S	
穆塔雷	Mutare	空基	津巴布韦	32° 40'E	18° 58'S	
比勒陀利亚	Pretoria		南非共和国	28° 10'E	25° 45'N	
德班	Durban	空、海基	南非共和国	31° 00'E	29° 53'S	

伊丽莎白港	Port Elizabeth	空、海基	南非共和国	25° 40'E	33° 58'S	
布隆方丹	Bloemfontein	空基	南非共和国	26° 14'E	29° 07'S	
路易－特里哈特	Louis Trichardt	空基	南非共和国	29° 43'E	23° 01'S	
瓦特克卢夫	Waterkloof	空基	南非共和国	30° 19'E	25° 18'S	
开普顿	Cape Town	空基	南非共和国	18° 26'E	33° 56'S	
波切夫斯鲁姆	Potchefstroom	空基	南非共和国	27° 01'E	26° 46'S	
彼得斯堡	Pietersburg	空基	南非共和国	29° 23'E	23° 54'S	
苏丹港	Port Sudan	空、海基	苏丹	37° 14'E	19° 37'N	海军司令部驻地
喀土穆	Khartoum; Khurţūm, Al	空基	苏丹	32° 32'E	15° 36'N	
马拉卡勒	Malakal	空基	苏丹	31° 40'E	9° 31'N	
朱巴	Jūbā	空基	苏丹	31°、37'E	4° 15'N	
阿特巴拉	Atbara; Atbarah	空基	苏丹	34° 00'E	17° 42'N	
欧拜伊德	Obeid, El; Ubayyiḍ, Al	空基	苏丹	30° 13'E	13° 11'N	
栋古拉	Dongola	空基	苏丹	30° 27'E	19° 10'N	
瓦乌	Wāw	空基	苏丹	28° 04'E	7° 40'N	
朱奈纳	Geneina; Junaynah, Al	空基	苏丹	22° 27'E	13° 27'N	
瓦德迈达尼	Wad Medani	空基	苏丹	33° 30'E	14° 24'N	
法希尔	Fashir, El; Fasher, El	空基	苏丹	25° 21'E	13° 38'N	
麦罗维	Merowe	空基	苏丹	31° 49'E	18° 29'N	
德雷达瓦	Dirē Dawa	空基	埃塞俄比亚	41° 52'E	9° 37'N	
亚的斯亚贝巴	Addis Abeba	空基	埃塞俄比亚	38° 42'E	9° 03'N	
蒙巴萨	Mombasa	空、海基	肯尼亚	39° 40'E	4° 03'S	
纳纽基	Nanyuki	空基	肯尼亚	37° 04'E	0° 01'N	
内罗毕	Nairobi	空基	肯尼亚	36° 49'E	1° 17'S	
基苏木	Kisumu	空基	肯尼亚	34° 44'E	0° 06'S	
涅里	Nyeri	空基	肯尼亚	36° 57'E	0° 25'S	
努瓦迪布	Nouadhibou	空、海基	毛里塔尼亚	17° 04'W	20° 54'N	海基在艾蒂安港 (Port Etirtenne)
努瓦克肖特	Nouakchott	空、海基	毛里塔尼亚	15° 57'W	18° 06'N	海基在友谊港 (Port Friendship)
凯杜古	Kédougou	空基	塞内加尔	12° 09'W	12° 35'N	
圣路易	St. Louis	空基	塞内加尔	16° 30'W	16° 01'N	
坦巴昆达	Tambacounda	空基	塞内加尔	13° 40'W	13° 45'N	
捷斯	Thies	空基	塞内加尔	16° 52'W	14° 49'N	
济金绍尔	Ziguinchor	空基	塞内加尔	16° 20'W	12° 35'N	
科纳克里	Conakry	空、海基	几内亚	13° 43'W	9° 30'N	
博凯	Boké	空基	几内亚	14° 13'W	10° 57'N	
康康	Kankan	空基	几内亚	9° 18'W	10° 23'N	
基西杜古	Kissidougou	空基	几内亚	10° 06'W	9° 11'N	
拉贝	Labé	空基	几内亚	12° 17'W	11° 19'N	
恩泽雷科雷	Nzerekoré	空基	几内亚	8° 49'W	7° 45'N	
锡吉里	Siguiri	空基	几内亚	9° 07'W	11° 28'N	
蒙罗维亚	Monrovia	空、海基	利比里亚	10° 47'W	6° 18'N	
罗伯兹机场	Robertsfield	空基	利比里亚	10° 20'W	6° 12'N	
阿比让	Abidjan	空、海基	科特迪瓦	4° 01'W	5° 19'N	
布瓦凯	Bouaké	空基	科特迪瓦	5° 00'W	7° 42'N	
阿克拉	Accra	空基	加纳	0° 15'W	5° 33'N	
塔科拉迪	Takoradi	空基	加纳	1° 45'W	4° 55'N	
塔马利	Tamale	空基	加纳	0° 49'W	9° 26'N	
库马西	Kumasi	空基	加纳	1° 35'W	6° 45'N	
洛美	Lome	空、海基	多哥	1° 21'E	6° 08'N	

科托努	Cotonou	空、海基	贝宁	2° 31'E	6° 24'N	
阿波美	Abomey	空基	贝宁	2° 00'E	7° 14'N	
博博迪乌拉索	Bobo Dioulasso	空基	布基纳法索	4° 18'W	11° 11'N	
瓦加杜古	Ouagadougou	空基	布基纳法索	1° 31'W	12° 22'N	
巴马科	Bamako	空基	马里	7° 59'W	12° 40'N	
塞古	Segou	空基	马里	6° 18'W	13° 28'N	
加奥	Gao	空基	马里	0° 03'W	16° 16'N	
阿贝歇	Abéché	空基	乍得	20° 49'E	13° 49'N	
邦戈尔	Bongor	空基	乍得	15° 20'E	10° 18'N	
法达	Fada	空基	乍得	21° 33'E	17° 14'N	
法亚－拉若	Faya-Largeau	空基	乍得	19° 06'E	17° 58'N	
恩贾梅纳	N'Djamena	空基	乍得	15° 03'E	12° 07'N	
萨尔	Sarh	空基	乍得	18° 22'E	9° 08'N	
蒙戈	Mongo	空基	乍得	18° 42'E	12° 11'N	
蒙杜	Moundou	空基	乍得	16° 05'E	8° 34'N	
帕拉	Pala	空基	乍得	14° 54'E	9° 22'N	
杜阿拉	Douala	空、海基	喀麦隆	9° 42'E	4° 03'N	
雅温得	Yaoundé	空基	喀麦隆	11° 31'E	3° 51'N	
巴图里	Batouri	空基	喀麦隆	14° 27'E	4° 26'N	
加鲁阿	Garoua	空基	喀麦隆	13° 24'E	9° 17'N	
黑角	Pointe Noire	空、海基	刚果	11° 50'E	4° 50'S	
布拉柴维尔	Brazzaville	空基	刚果	15° 14'E	4° 14'S	
卢博莫	Loubomo	空基	刚果	12° 47'E	4° 09'S	
金沙萨	Kinshasa	空、海基	刚果民主共和国	15° 18'E	4° 18'S	
马塔迪	Matadi	空、海基	刚果民主共和国	13° 27'E	5° 49'S	
卡米纳	Kamina	空基	刚果民主共和国	25° 00'E	8° 44'S	
科卢韦齐	Kolwezi	空基	刚果民主共和国	25° 28'E	10° 43'S	
基桑加尼	Kisangani	空基	刚果民主共和国	25° 14'E	0° 33'N	
卢本巴希	Lubumbashi	空基	刚果民主共和国	27° 28'E	11° 40'S	
班吉	Bangui	空基	中非共和国	18° 37'E	4° 23'N	
贝贝拉蒂	Berberati	空基	中非共和国	15° 51'E	4° 19'N	
班巴里	Bambari	空基	中非共和国	20° 37'E	5° 40'N	
布阿尔	Bouar	空基	中非共和国	15° 35'E	5° 58'N	
布琼布拉	Bujumbura	空基	布隆迪	29° 19'E	3° 22'S	亦为水上警察基地
罗安达	Luanda	空、海基	安哥拉	13° 14'E	8° 48'S	海军司令部驻地
纳米贝	Namibe	空、海基	安哥拉	12° 30'E	15° 20'S	
卡宾达	Cabinda	空基	安哥拉	12° 12'E	5° 34'S	
卢班戈	Lubango	空基	安哥拉	13° 30'E	14° 55'S	
卢埃纳	Luena	空基	安哥拉	19° 52'E	11° 47'S	
梅龙盖	Menongue	空基	安哥拉	17° 48'E	14° 36'S	
马普托	Maputo	空、海基	莫桑比克	32° 35'E	25° 58'S	海军司令部驻地
贝拉	Beira	空、海基	莫桑比克	34° 52'E	19° 49'S	
纳卡拉	Nacala	空、海基	莫桑比克	40° 37'E	14° 30'S	
太特	Tete	空基	莫桑比克	33° 35'E	16° 10'S	
安采拉纳纳	Antseranana	空、海基	马达加斯加	49° 17'E	12° 19'S	
图阿马西纳	Toamasina	空、海基	马达加斯加	49° 23'E	18° 10'S	
马任加	Majunga; Mahajanga	空、海基	马达加斯加	46° 19'E	15° 43'S	
图莱亚尔	Tulear	空、海基	马达加斯加	43° 41'E	23° 20'S	
藻拉纳鲁	Taolanaro	空、海基	马达加斯加	47° 00'E	25° 01'S	

阿里武尼马穆	Arivonimamo	空基	马达加斯加	47° 11'E	19° 00'S	
伊瓦图（机场）	Ivato(Airport)	空基	马达加斯加	47° 30'E	18° 49'S	
圣于贝尔	St. Hubert	空基	加拿大	73° 36'W	45° 30'N	机动司令部驻地
温尼伯	Winnipeg	空基	加拿大	97° 10'W	49° 53'N	空中司令部驻地
渥太华	Ottawa	空基	加拿大	75° 43'W	45° 25'N	通信司令部驻地
特伦顿	Trenton	空基	加拿大	77° 34'W	44° 07'N	训练司令部驻地
耶洛奈夫	Yellowknife		加拿大	114° 29'W	62° 30'N	北部司令部驻地
科莫克斯	Comox	空、海基	加拿大	124° 53'W	49° 43'N	
巴戈特维尔	Bagotville	空基	加拿大	70° 54'W	48° 22'N	通信司令部驻地
穆斯乔	Moose Jaw	空基	加拿大	105° 32'W	50° 23'N	
波蒂奇拉普雷里	Portage la Prairie	空基	加拿大	98° 20'W	49° 58'N	
诺斯贝	Noeth Bay	空基	加拿大	79° 28'W	46° 19'N	
瓦勒多	Val-d'Or	空基	加拿大	77° 47'W	48° 07'N	
甘德	Gander	空基	加拿大	54° 34'W	48° 58'N	位于纽芬兰岛
奥弗特	Offutt	空基	美国	95° 54'W	41° 07'N	
爱德华兹	Edwarde	空基	美国	117° 52'W	34° 54'N	
兰利	Langley	空基	美国	76° 21'W	37° 05'N	
费尔柴尔德	Fairchild	空基	美国	117° 38'W	47° 38'N	
卡斯尔	Castle	空基	美国	120° 34'W	37° 22'N	
内利斯	Nellis	空基	美国	115° 02'W	36° 14'N	
戴耶斯	Dyess	空基	美国	99° 51'W	32° 25'N	
卡斯韦尔	Carswell	空基	美国	97° 26'W	32° 47'N	
麦康内尔	McConnell	空基	美国	97° 15'W	37° 38'N	
巴克斯代尔	Barksdle	空基	美国	93° 40'W	32° 30'N	
埃克	Eaker	空基	美国	89° 57'W	35° 57'N	
索耶	Sawyer	空基	美国	87° 25'W	46° 21'N	
沃特史密斯	Wurtsmith	空基	美国	83° 24'W	44° 27'N	
格里菲斯	Griffiss	空基	美国	75° 26'W	43° 14'N	
洛林	Loring	空基	美国	67° 54'W	46° 57'N	
迈诺特	Minot	空基	美国	101° 21'W	48° 26'N	
大福克斯	Grand Forks	空基	美国	97° 25'W	47° 57'N	
埃尔斯沃思	Ellsworth	空基	美国	103° 05'W	44° 08'N	
马姆斯特罗姆	Malmstorom	空基	美国	111° 10'W	47° 30'N	
沃伦	Warren	空基	美国	104° 52'W	41° 09'N	
怀特曼	Whiteman	空基	美国	93° 34'W	38° 44'N	
范登堡	Vandenberg	空基	美国	120° 35'W	34° 44'N	
埃尔门多夫	Elmendorf	空基	美国	149° 54'W	61° 14'N	
珍珠港	Peart Harbor	空、海基	美国	157° 58'W	21° 22'N	
谢米亚岛	Shemya I.	空基	美国	174° 05'E	52° 45'N	
提尼安岛	Tinian	空基	北马里亚纳群岛（美）	145° 38'E	14° 58'N	
希卡姆	Hickam	空基	美国	157° 57'W	21° 20'N	
卡纳维拉尔角	Canaveral, Cape	航天器发射基地	美国	80° 32'W	28° 27'N	
中途岛	Midway Islands	海基、海航站	中途岛（美）	177° 22'W	28° 13'N	
约翰斯顿岛	Johnston Atoll	空基	约翰司顿岛（美）	169° 17'W	16° 14'N	
帕果帕果	Pago Pago	空、海基	东萨摩亚（美）	170° 43'W	14° 16'N	
威克岛	Wake Island	空基	威克岛（美）	166° 35'E	19° 18'N	
阿加尼亚	Agana	海航站	关岛（美）	144° 47'E	13° 29'N	
安德森	Andersen	空基	关岛（美）	144° 55'E	13° 35'N	

安德鲁斯	Andrews	空基	美国	76° 52'W	38° 48'N
阿卡普尔科－德华雷斯	Acapulco de Juárez	空、海基	墨西哥	99° 56'W	16° 51'N
恩塞纳达	Ensenada	空、海基	墨西哥	116° 38'W	31° 53'N
瓜达拉哈拉	Guadalajara	空基	墨西哥	103° 20'W	20° 40'N
普埃布拉	Puebla	空基	墨西哥	98° 12'W	19° 03'N
梅里达	Mérida	空基	墨西哥	89° 37'W	20° 58'N
巴里奥斯港	Puerto Barrios	空、海基	危地马拉	88° 36'W	15° 43'N
圣何塞	San José	空、海基	危地马拉	90° 50'W	14° 00'N
拉奥罗拉	La Aurora	空基	危地马拉	90° 31'W	14° 38'N
伊洛潘戈	Ilopango	空基	萨尔瓦多	89° 06'W	13° 42'N
拉塞瓦	La Ceiba	空基	洪都拉斯	86° 50'W	15° 47'N
圣佩德罗苏拉	San Pedro Sula	空基	洪都拉斯	88° 01'W	15° 26'N
特古西加尔巴	Tegucigalpa	空基	洪都拉斯	87° 14'W	14° 05'N
圣洛伦索	San Lorenzo	空基	洪都拉斯	87° 28'W	13° 24'N
卡贝萨斯港	Puerto Cabezzas	空、海基	尼加拉瓜	83° 24'W	14° 02'N
马那瓜	Managua	空基	尼加拉瓜	86° 17'W	12° 09'N
埃斯特利	Estelí	空基	尼加拉瓜	86° 20'W	13° 05'N
布卢菲尔兹	Bluefields	空基	尼加拉瓜	83° 49'W	12° 00'N
哈瓦那	Havana; La Habana	空、海基	古巴	82° 25'W	23° 07'N
圭内斯	Guines	空基	古巴	82° 02'W	22° 50'N
卡马圭	Camagüey	空基	古巴	77° 55'W	21° 25'N
圣地亚哥	Santiago	空基	古巴	25° 49'W	20° 00'N
奥尔金	Holguín	空基	古巴	76° 15'W	20° 53'N
巴兰基亚	Barranquilla	空、海基	哥伦比亚	75° 00'W	11° 00'N
卡利	Cali	空基	哥伦比亚	76° 31'W	3° 27'N
麦德林	Medellin	空基	哥伦比亚	75° 36'W	6° 15'N
布卡拉曼加	Bucaramanga	空基	哥伦比亚	73° 09'W	7° 08'N
库库塔	Cucuta	空基	哥伦比亚	72° 31'W	7° 54'N
莱蒂西亚	Leticia	空基	哥伦比亚	69° 57'W	4° 09'S
圣玛尔塔	Santa Marta	空基	哥伦比亚	74° 10'W	11° 18'N
圣菲波哥大	Santa Fe de Bogota	空基	哥伦比亚	74° 05'W	4° 38'N
加拉加斯	Caracas	空、海基	委内瑞拉	66° 56'W	10° 35'N
巴塞罗那	Barcelona	空基	委内瑞拉	64° 43'W	10° 08'N
马拉凯	Maracay	空基	委内瑞拉	67° 28'W	10° 20'N
巴基西梅托	Barquisimeto	空基	委内瑞拉	69° 18'W	10° 03'N
马拉开波	Maracaibo	空基	委内瑞拉	71° 37'W	10° 40'N
瓜亚基尔	Guayaquil	空、海基	厄瓜多尔	79° 50'W	2° 10'S
曼塔	Manta	空基	厄瓜多尔	80° 44'W	0° 57'N
基多	Quito	空基	厄瓜多尔	78° 30'W	0° 14'S
塔拉拉	Talara	空、海基	秘鲁	81° 25'W	4° 38'S
阿雷基帕	Arequipa	空基	秘鲁	71° 32'W	16° 25'S
奇克拉约	Chiclayo	空基	秘鲁	79° 51'W	6° 46'S
利马	Lima	空基	秘鲁	77° 03'W	12° 03'S
皮斯科	Pisco	空基	秘鲁	76° 12'W	13° 46'S
皮乌拉	Piura	空基	秘鲁	80° 38'W	5° 12'S
苏亚雷斯港	Puerto Suárez	空、海基	玻利维亚	57° 46'W	18° 59'S
拉巴斯	La Paz	空基	玻利维亚	68° 10'W	16° 30'S
圣克鲁斯	Santa Cruz	空基	玻利维亚	63° 14'W	17° 45'S
查拉纳	Charana	空基	玻利维亚	69° 28'W	17° 36'S

贝伦	Belem	空、海基	巴西	48° 29'W	1° 27'S	第四海军区司令部驻地
萨尔瓦多	Salvador	空、海基	巴西	38° 29'W	12° 58'S	第二海军区司令部驻地
纳塔尔	Natal	空、海基	巴西	35° 13'W	5° 47'S	第三海军区司令部驻地
里约热内卢	Rio de Janeiro	空、海基	巴西	43° 17'W	22° 53'S	第一海军区司令部驻地
圣佩德罗－达阿尔德亚	Sao Pedro da Aldeia	空、海基	巴西	42° 06'W	22° 46'S	
圣保罗	São Paulo	空、海基	巴西	46° 38'W	23° 33'S	
福塔莱萨	Fortaleza	空基	巴西	38° 35'W	3° 45'S	
累西腓	Recife	空基	巴西	34° 54'W	8° 03'S	
阿雷格里港	Pôrto Alegre	空基	巴西	51° 11'W	30° 04'S	
阿纳波利斯	Anápolis	空基	巴西	48° 58'W	16° 19'S	
弗洛里亚诺波利斯	Florianpólis	空基	巴西	48° 31'W	27° 35'S	
马瑙斯	Manaus	空、海基	巴西	60° 01'W	3° 08'S	
蒙特港	Puerto Montt	空、海基	智利	72° 57'W	41° 28'S	
蓬塔阿雷纳斯	Punta Arenas	空、海基	智利	70° 56'W	53° 10'S	第三海区司令部驻地
伊基克	Iquique	空、海基	智利	70° 10'W	20° 13'S	第四海区司令部驻地
安托法加斯塔	Antafagasta	空基	智利	70° 23'W	23° 40'S	
圣地亚哥	Santiago	空基	智利	70° 40'W	33° 30'S	
埃塞萨	Ezeiza	海航基	阿根廷	58° 40'W	34° 50'S	
里瓦达维亚海军准将城	Comodoro Rivadavia	空基	阿根廷	67° 30'W	45° 50'S	
里奥加列戈斯	Río Gallegos	空基	阿根廷	69° 15'W	51° 35'S	
巴拉那	Paraná	空基	阿根廷	60° 30'W	31° 45'S	
查米卡尔	Chamical	空基	阿根廷	66° 27'W	30° 22'S	
坦迪尔	Tandil	空基	阿根廷	59° 10'W	37° 18'S	
雷孔基斯塔	Reconquista	空基	阿根廷	59° 38'W	29° 08'S	
门多萨	Mendoza	空基	阿根廷	68° 52'W	32° 48'S	
大坎波	Campo Grande	空基	巴拉圭	57° 35'W	25° 13'S	
卡拉斯科	Carrasco	空基	乌拉圭	55° 50'W	34° 53'S	
杜拉斯诺	Durazno	空基	乌拉圭	56° 31'W	33° 22'S	
霍华德	Howard	空基	巴拿马	79° 36'W	8° 55'N	美空军基地
阿尔布鲁克	Albrook	空基	巴拿马	79° 33'W	8° 58'N	美军基地
科科索洛	Coco Solo	空基	巴拿马	79° 53'W	9° 22'N	美国空基，巴、美合用
托库门	Tocumen	空基	巴拿马	79° 22'W	9° 05'N	美军基地
太子港	Port-au-Prince	空、海基	海地	72° 20'W	18° 33'N	
圣多明各	Santo Domingo	空、海基	多米尼加	69° 57'W	18° 30'N	
拉罗马纳	La Romana	空基	多米尼加	68° 57'W	18° 27'N	
巴拉奥纳	Barahona	空基	多米尼加	71° 07'W	18° 13'N	
普拉塔港	Puerto Plata	空基	多米尼加	70° 41'W	19° 48'N	
阿苏阿	Azua	空基	多米尼加	70° 44'W	18° 29'N	
蒙特克里斯蒂	Monte Cristi	空基	多米尼加	71° 39'W	19° 52'N	
拉贝加	La Vega	空基	多米尼加	70° 33'W	19° 15'N	
圣地亚哥	Santiago	空基	多米尼加	70° 42'W	19° 30'N	
皮亚尔科 (机场)	Piarco	海航站	特立尼达和多巴哥	61° 22'W	10° 36'N	
蒂梅里机场	Timehri Airfield	空基	圭亚那	58° 12'W	6° 30'N	
帕拉马里博	Paramaribo	空、海基	苏里南	55° 10'E	5° 50'N	

计 量 单 位 表

表1　国际单位制(SI)基本单位、辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号	单位定义
长度	米	m	光在真空中(1/299 792 458)s时间间隔内所经路径的长度。
质量	千克(公斤)	kg	国际千克(公斤)原器的质量。
时间	秒	s	铯-133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9 192 631 770个周期的持续时间。
电流	安[培]	A	在真空中，截面积可忽略的两根相距1m的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时，若导线间相互作用力在每米长度上为2×10^{-7}N，则每根导线中的电流为1A。
热力学温度	开[尔文]	K	水三相点热力学温度的1/273.16。
物质的量	摩[尔]	mol	一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与0.012kg碳-12的原子数目相等。在使用摩尔时，基本单元应予指明，可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合。
发光强度	坎[德拉]	cd	一光源在给定方向上的发光强度，该光源发出频率为540×10^{12}Hz的单色辐射，且在此方向上的辐射强度为(1/683)W/sr。
[平面]角	弧度	rad	一圆内两条半径之间的平面角，这两条半径在圆周上所截取的弧长与半径相等。
立体角	球面度	sr	一立体角，其顶点位于球心，而它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形面积。

注：
1. 圆括号中的名称，是它前面的名称的同义词，下同。
2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字，在不致引起混淆、误解的情况下，可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称。下同。
3. 本标准所称的符号，除特殊指明外，均指我国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号，下同。
4. 人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

表 2　国际单位制(SI)导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	用SI基本单位和导出单位表示
频率	赫[兹]	Hz	1 Hz=1 s^{-1}
力	牛[顿]	N	1 N=1 kg·m/s^2
压力，压强，应力	帕[斯卡]	Pa	1 Pa=1 N/m^2
能[量]，功，热量	焦[耳]	J	1 J=1 N·m
功率，辐[射能]通量	瓦[特]	W	1 W=1 J/s
电荷[量]	库[仑]	C	1 C=1 A·s
电压，电动势，电位，(电势)	伏[特]	V	1 V=1 W/A
电容	法[拉]	F	1 F=1 C/V
电阻	欧[姆]	Ω	1 Ω=1 V/A
电导	西[门子]	S	1 S=1 Ω^{-1}
磁通[量]	韦[伯]	Wb	1 Wb=1 V·s
磁通[量]密度，磁感应强度	特[斯拉]	T	1 T=1 Wb/m^2
电感	亨[利]	H	1 H=1 Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	1 ℃=1 K
光通量	流[明]	lm	1 lm=1 cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1 lx=1 lm/m^2
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	1 Bq=1 s^{-1}
吸收剂量 比授[予]能 比释动能	戈[瑞]	Gy	1 Gy=1 J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1 Sv=1 J/kg

表3　国际单位制词头

因数	词头名称	词头符号		因数	词头名称	词头符号	
		英文	中文			英文	中文
10^{18}	艾[可萨](exa)	E	艾	10^{-1}	分 (deci)	d	分
10^{15}	拍[它](peta)	P	拍	10^{-2}	厘 (centi)	c	厘
10^{12}	太[拉](tera)	T	太	10^{-3}	毫 (milli)	m	毫
10^{9}	吉[咖](giga)	G	吉	10^{-6}	微 (micro)	μ	微
10^{6}	兆 (mega)	M	兆	10^{-9}	纳[诺] (nano)	n	纳
10^{3}	千 (kilo)	k	千	10^{-12}	皮[可] (pico)	p	皮
10^{2}	百 (hecto)	h	百	10^{-15}	飞[母托] (femto)	f	飞
10^{1}	十 (deca)	da	十	10^{-18}	阿[托] (atto)	a	阿

表 4　可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与SI单位的关系
时间	分	min	1 min=60 s
	[小]时	h	1 h=60 min=3 600 s
	日，(天)	d	1 d=24 h=86 400 s
[平面]角	[角]秒	″	1″ =(1/60)′ =(π/648 000) rad
	[角]分	′	1′ =(1/60)° =(π/10 800) rad
	度	°	1° =(π/180) rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60) s^{-1}
长度	海里	n mile	1 n mile=1 852 m (只用于航行)
速度	节	kn	1 kn=1 n mile/h=(1 852/3 600) m/s (只用于航行)
质量	吨	t	1 t=10^3 kg
	原子质量单位	u	1 u ≈ 1.660 540 × 10^{-27} kg
体积	升	L,(l)	1 L=1 dm^3=10^{-3} m^3
能	电子伏	eV	1 eV ≈ 1.602 177 × 10^{-19} J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex=10^{-6} kg/m
面积	公顷	hm^2	1 hm^2=10^4 m^2

注：
1. 平面角单位度、分、秒的符号，在组合单位中应采用(°)、(′)、(″)的形式。
2. 例如，不用°/s 而用(°)/s。
   升的符号中，小写字母 l 为备用符号。
3. 公顷的国际通用符号为ha。

表 5　常用的其他导出单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	
			国　际	中　文
面积	A,(S)	平方米	m^2	米^2
体积，容积	V	立方米	m^3	米^3
质点速度	μ, ν	米每秒	m/s	米/秒
体积速度	μ, q, (q_v)	立方米每秒	m^3/s	米^3/秒
瞄准速度	μ	度每秒	(°)/s	度/秒
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2	米/秒^2
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	弧度/秒
角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s^2	弧度/秒^2
波数	σ	每米	m^{-1}	米$^{-1}$

(续表1)

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	
			国　际	中　文
[质量]密度	ρ	千克每三次方米	kg/m^3	千克/米³
力矩	M	牛[顿]米	N·m	牛·米
表面张力	r,σ	牛[顿]每米	N/m	牛/米
动量	p	千克米每秒	kg·m/s	千克·米/秒
角动量，动量矩	L	千克平方米每秒	$kg\cdot m^2/s$	千克·米²/秒
转动惯量	$J,(I)$	千克平方米	$kg\cdot m^2$	千克·米²
[动力]粘度	$\eta,(\mu)$	帕[斯卡]秒	Pa·s	帕·秒
运动粘度	ν	平方米每秒	m^2/s	米²/秒
热量，辐[射]能	$Q,(Q,W)$	焦[耳]	J	焦
体积流量	q_v	立方米每秒	m^3/s	米³/秒
热导率，(导热系数)	$\lambda,(k)$	瓦[特]每米开[尔文]	W/(m·K)	瓦/(米·开)
热容，熵	C,S	焦[耳]每开[尔文]	J/K	焦/开
比热容，比熵	c,s	焦[耳]每千克开[尔文]	J/(kg·K)	焦/(千克·开)
比内能	$u,(e)$	焦[耳]每千克	J/kg	焦/千克
热力学温度	$T,(\Theta)$	开[尔文]	K	开
热流量	Φ	瓦[特]	W	瓦
单位重量功率	P_G	千瓦[特]每吨	kW/t	千瓦/吨
单位体积功率	P_v	千瓦[特]每三次方米	kW/m^3	千瓦/米³
电通[量]	Ψ	库[仑]	C	库
电偶极矩	$p,(p_e)$	库[仑]米	C·m	库·米
电极化强度	p	库[仑]每平方米	C/m^2	库/米²
电荷[体]密度	$\rho,(\eta)$	库[仑]每立方米	C/m^3	库/米³
电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2	库/米²
电场强度	E	伏 [特]每米	V/m	伏/米
电导率	γ,σ	西[门子]每米	S/m	西/米
电阻率	ρ	欧[姆]米	Ω·m	欧·米
电通[量]密度	D	库[仑]每平方米	C/m^2	库/米²
介电常数，(电容率)	ε	法[拉]每米	F/m	法/米
电流密度	$J,(S)$	安[培]每平方米	A/m^2	安/米²
电抗，阻抗	X,Z	欧[姆]	Ω	欧
导纳	Y	西[门子]	S	西
电池容量		安[培][小]时	A·h	安·时
磁位差，(磁势差)	u_m	安[培]	A	安

（续表2）

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	
			国　际	中　文
磁矢位，（磁矢势）	A	韦[伯]每米	Wb/m	韦/米
[面]磁矩	m	安[培]平方米	A·m²	安·米²
磁化强度	$M,(H_i)$	安[培]每米	A/m	安/米
磁阻	R_m	每亨[利]	1/H	1/亨
磁导	$\Lambda,(p)$	亨[利]	H	亨
磁场强度	H	安[培]每米	A/m	安/米
磁通[量]密度，磁感应强度	B	特[斯拉]	T	特
磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb	韦
磁极化强度	$J,(B_i)$	特[斯拉]	T	特
发光强度	$I,(I_v)$	坎[德拉]	cd	坎
[光]亮度	$L,(L_v)$	坎[德拉]每平方米	cd/m²	坎/米²
曝光量	H	勒[克斯]秒	lx·s	勒·秒
光量	$Q,(Q_v)$	流[明]秒	lm·s	流·秒
光出射度	$M,(M_v)$	流[明]每平方米	lm/m²	流/米²
光视效能	K	流[明]每瓦[特]	lm/W	流/瓦
光冲量		焦[尔]每平方厘米	J/cm²	焦/厘米²
辐[射]强度；能注量率	$I,(I_e);\psi$	瓦[特]每球面度	W/sr	瓦/球面度
辐[射]亮度，辐射度	$L,(L_e)$	瓦[特]每球面度平方米	W/(sr·m²)	瓦/(球面度·米²)
辐[射]出[射]度，辐[射]照度	$M,(M_e);E,(E_e)$	瓦[特]每平方米	W/m²	瓦/米²
照射量	X	库[仑]每千克	C/kg	库/千克
照射量率	$\dot{X}$	库[仑]每千克秒	C/(kg·s)	库/(千克·秒)
吸收剂量率	$\dot{D}$	戈[瑞]每秒	Gy/s	戈/秒
放射性表面活度	A	贝可[勒尔]每平方厘米	Bq/cm²	贝可/厘米²
放射性浓度		贝可[勒尔]每升	Bq/L	贝可/升
放射性比活度	a	贝可[勒尔]每千克	Bq/kg	贝可/千克
剂量当量	H	希[沃特]	Sv	希
辐照能注量	$E,(E_e)$	焦[尔]每平方厘米	J/cm²	焦/厘米²
授[予]能	ε	焦[耳]	J	焦
总辐射能量	E_R	焦[尔]每平方米秒	J/(m²·s)	焦/(米²·秒)
辐[射]功率	$P,\Phi,(\Phi_e)$	瓦[特]	W	瓦
扩散系数	D	平方米每秒	m²/s	米²/秒
质量衰减系数	μ_m	二次方米每千克	m²/kg	米²/千克
慢化密度	q	每秒立方米	1/(s·m³)	1/(秒·米³)
衰变常量	λ	每秒	1/s	1/秒

(续表3)

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	
			国　际	中　文
粒子注量	Φ	每平方米	$1/m^2$	1/米^2
中子通量	Ψ	每平方厘米秒	$1/(cm^2 \cdot s)$	1/(厘米^2·秒)
半衰期	$T_{1/2}$	年	a	年
同位素分离功率		千克分离功每年	kg·swu/a	千克·分离功/年
声强[度]	I,J	瓦[特]每平方米	W/m^2	瓦/米^2
声阻抗	Z_a	帕[斯卡]秒每立方米	$Pa \cdot s/m^3$	帕·秒/米^3
声阻抗率	Z_s	帕[斯卡]秒每米	Pa·s/m	帕·秒/米
声导纳，声纳	Y_a,B_a	立方米每帕[斯卡]秒	$m^3/(Pa \cdot s)$	米^3/(帕·秒)
摩尔衰减系数	μ_c	平方米每摩[尔]	m^2/mol	米^2/摩
噪声强度	I_N	瓦[特]每平方米	W/m^2	瓦/米^2
功率谱密度	S_f	分贝瓦[特]每赫[兹]	dB·W/Hz	分贝·瓦/赫
力阻抗	Z_m	牛[顿]秒每米	N·s/m	牛·秒/米
物质B的质量浓度	ρ_B	摩[尔]每立方米，摩[尔]每升	mol/m^3, mol/L	摩/米^3，摩/升
摩尔质量	M	千克每摩[尔]	kg/mol	千克/摩
摩尔体积	V_m	立方米每摩[尔]	m^3/mol	米^3/摩
摩尔内能	u_m	焦[耳]每摩[尔]	J/mol	焦/摩　摩/米
摩尔热容，摩尔熵	C_m,S_m	焦[耳]每摩[尔]开[尔文]	$J/(mol \cdot K)$	焦/(摩·开)
溶质B的质量摩尔浓度	b_B,m_B	摩[尔]每千克	mol/kg	摩/千克
半数失能浓度	IC_{t50}	毫克分每立方米	$mg \cdot min/m^3$	毫克·分/米^3
染毒浓度	C	毫克每立方米	mg/m^3	毫克/米^3
染毒密度	Δ	毫克每平方米	mg/m^2	毫克/米^2
毒害剂量，吸入半数致死剂量	LC_{t50}	毫克分每立方米	$mg \cdot min/m^3$	毫克·分/米^3
透皮吸收半数致死剂量	LD_{50}	毫克每千克	mg/kg	毫克/千克
毒剂挥发度(饱和浓度)	C_s	毫克每立方米	mg/m^3	毫克/米^3
爆热，火药力	Q,f	千焦[尔]每千克	kJ/kg	千焦/千克
比容	V_l	升每千克	L/kg	升/千克
爆容	V	立方米每千克	m^3/kg	米^3/千克
爆高	h	米	m	米
比深，比高	h'	米每立方根千吨梯恩梯当量	$m/(ktTNT)^{1/3}$	米/(千吨梯恩梯当量)$^{1/3}$
核爆炸威力	Q	吨梯恩梯当量	tTNT	吨梯恩梯当量
比威力		吨梯恩梯当量每千克	tTNT/kg	吨梯恩梯当量/千克
比冲，比推力	I_F,I_S	牛[顿]秒每千克	N·s/kg	牛·秒/千克
推重比	T/W	十牛[顿]每千克	da N/kg	10牛/千克
总冲量	I	牛[顿]秒	N·s	牛·秒
漂移率		度每[小]时	(°)/h	度/时
圆概率偏差	CEP	米	m	米
爬升率	V_v	米每秒	m/s	米/秒

表6　法定计量单位与常用非法定计量单位的对照和换算表

量的名称	法定计量单位		常用非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
	千米(公里)	km		KM	1千米(公里)=1KM=2市里=0.6214英里
	米	m	公尺	M	1米=1公尺=3市尺=3.2808英尺=1.0936码
	分米	dm	公寸		1分米=1公寸=0.1米=3市寸
	厘米	cm	公分		1厘米=1公分=0.01米=3市分=0.3937英寸
长	毫米	mm	公厘	m/m,MM	1毫米=1公厘=0.001米=3市厘
			公丝		1公丝=0.1毫米
	微米	μm	公微	μ,mμ,μM	1微米=1公微=10^{-6}米
			丝米	dmm	1丝米=0.1毫米
			忽米	cmm	1忽米=0.01毫米
	纳米	nm	毫微米	mμm	1纳米=1毫微米=10^{-9}米
	海里	n mile			1海里=3.7040市里=1.15英里
			市里		1市里=150市丈=0.5公里=0.3107英里
			市引		1市引=10市丈
			市丈		1市丈=10市尺=3.3333米=3.6454码
			市尺		1市尺=10市寸=0.3333米=1.0936英尺
			市寸		1市寸=10市分=3.3333厘米=1.3123英寸
			市分		1市分=10市厘
			市厘		1市厘=10市毫
			英里	mi	1英里=1 760码=5 280英尺=1.6093公里=3.2187市里
度			码	yd	1码=3英尺=0.9144米=2.7432市尺
			英尺,呎	ft	1英尺=12英寸=0.3048米=0.9144市尺
			英寸,吋	in	1英寸=2.5400厘米=0.7620市寸
	飞米	fm	费密	fermi	1飞米=1费密=10^{-15}米
			埃	Å	1埃=10^{-10}米
	平方千米(平方公里)	km^2			1平方千米(平方公里)=1 000 000平方米=100公顷=4平方市里=0.3861平方英里
			公顷	ha	1公顷=10 000平方米=100公亩=15市亩=2.4711英亩
面			公亩	a	1公亩=100平方米=0.15市亩=0.0247英亩
	平方米	m^2	平米		1平方米=1平米=9平方市尺=10.7639平方英尺=1.1960平方码
	平方分米	dm^2			1平方分米=0.01平方米
积	平方厘米	cm^2			1平方厘米=0.0001平方米
			市顷		1市顷=100市亩=6.6667公顷
			市亩		1市亩=10市分=60平方市丈=6.6667公亩=0.0667公顷=0.1644英亩
			市分		1市分=6平方市丈

(续表1)

量的名称	法定计量单位		常用非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
面积			平方市里		1平方市里=22 500平方市丈=0.2500平方公里=0.0965平方英里
			平方市丈		1平方市丈=100平方市尺
			平方市尺		1平方市尺=100平方市寸=0.1111平方米=1.1960平方英尺
			平方英里	$mile^2$	1平方英里=640英亩=2.5900平方公里=10.3600平方市里
			英亩		1英亩=4 840平方码=40.4686公亩=6.0720市亩
			平方码	yd^2	1平方码=9平方英尺=0.8361平方米=7.5249平方市尺
			平方英尺	ft^2	1平方英尺=144平方英寸=0.0929平方米=0.8361平方市尺
			平方英寸	in^2	1平方英寸=6.4516平方厘米=0.5806平方市寸
			靶恩	b	1靶恩=10^{-28}平方米
体积	立方米	m^3	方、公方		1立方米=1 000立方分米=27立方市尺=35.3147立方英尺=1.3080立方码
	立方分米	dm^3			1立方分米=0.001立方米
	立方厘米	cm^3			1立方厘米=0.000001立方米
			立方市丈		1立方市丈=1 000立方市尺
			立方市尺		1立方市尺=1 000立方市寸=0.0370立方米=1.3078立方英尺
			立方码	yd^3	1立方码=27立方英尺=0.7646立方米=20.6415立方市尺
			立方英尺	ft^3	1立方英尺=1 728立方英寸=0.0283立方米=0.7645立方市尺
			立方英寸	in^3	1立方英寸=16.3871立方厘米=0.4424立方市寸
容积	升	L(l)	公升、立升		1升=1公升=1立升=1市升=1.7598品脱(英)=0.2200加仑(英)
	分升	dl			1分升=0.1升=1市合
	厘升	cl			1厘升=0.01升
	毫升	ml	西西	c.c.,cc	1毫升=1西西=0.001升
			市石		1市石=10市斗=100升=2.7498蒲式耳(英)
			市斗		1市斗=10市升=10升
			市升		1市升=10市合=1升=1.7598品脱(英)=0.2200加仑(英)
			市合		1市合=10市勺=1分升
			市勺		1市勺=10市撮=1厘升
			市撮		1市撮=1毫升
			*蒲式耳		1蒲式耳=4配克=3.6369市斗(英)
			*配克	pk	1配克=2加仑=9.0922升
			**加仑	ukgal	1加仑(英)=4夸脱=4.5461升=4.5461市升
			夸脱	ukqt	1夸脱=2品脱=1.1365升=1.1365市升
			品脱	ukpt	1品脱=4及耳=5.6826分升=5.6826市合
			及耳	ukgi	1及耳=1.4207分升

(续表2)

量的名称	法定计量单位		常用非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
容积			英液盎司	ukfloz	1英液盎司=2.841厘升
			英液打兰	ukfldr	1英液打兰=3.552毫升
质量	吨	t	公吨	T	1吨=1公吨=1 000千克=0.9842英吨=1.1023美吨
			公担	q	1公担=100千克=2市担
	千克(公斤)	kg			1千克=2市斤=2.2046磅(常衡)
	克	g	公分	gm	1克=1公分=0.001千克=2市分=15.4324格令
	分克	dg			1分克=0.0001千克=2市厘
	厘克	cg			1厘克=0.00001千克
	毫克	mg			1毫克=0.000001千克
			公两		1公两=100克
			公钱		1公钱=10克
			市担		1市担=100市斤=0.5000公担
			市斤		1市斤=10市两=0.5000千克=1.1023磅(常衡)
			市两		1市两=10市钱=50克=1.7637盎司(常衡)
			市钱		1市钱=10市分=5克
			市分		1市分=10市厘
			市厘		1市厘=10市毫
			市毫		1市毫=10市丝
			英吨(长吨)	ukton	1英吨(长吨)=2 240磅=1 016千克 =2 032.0941市斤
			美吨(短吨)	sh ton	1美吨(短吨)=2 000磅=907.1849千克 =1 814.3698市斤
			磅	lb	1磅=16盎司=0.4536千克=0.9072市斤
			盎司	oz	1盎司=16打兰=28.3495克=0.5670市两
			打兰	dr	1打兰=27.34375格令=1.7718克
			格令	gr	1格令=1/7 000磅=0.0648克
时间	年	a		y,yr	1y=1yr=1年
	天(日)	d			
	小时	h		hr	1hr=1小时
	分	min		(′)	1′=1分
	秒	s		S,sec,(″)	1″=1S=1sec=1秒
频率	赫兹	Hz	周	C	1赫兹=1周
	兆赫	MHz	兆周	MC	1兆赫=1兆周
	千赫	kHz	千周	KC,kc	1千赫=1千周
温度	开[尔文]	K	开氏度	°K	1开=1开氏度
	开[尔文]	K	绝对度	°K	1开=1绝对度
	摄氏度,开[尔文]	℃, K	度	deg	
			华氏度	°F	1华氏度=0.555556开
			列氏度	°R	1列氏度=1.25摄氏度
力重力	牛[顿]	N	千克,公斤	kg	
			达因	dyn	1达因=10^{-5}牛

(续表3)

量的名称	法定计量单位		常用非法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
压力 压强 应力	帕[斯卡]	Pa	巴 毫巴 托 标准大气压 工程大气压 毫米汞柱	bar,b mbar Torr atm at mmHg	1巴=10^5帕 1毫巴=10^2帕 1托=133.322帕 1标准大气压=101.325千帕 1工程大气压=98.0665千帕 1毫米汞柱=133.322帕
线密度	特[克斯]	tex	旦[尼尔]	denier	1旦=0.111112特
功、能、热			尔格	erg	1尔格=10^{-7}焦
功率	瓦[特]	W	伏安 乏	VA var	1伏安=1瓦 1乏=1瓦
磁感应强度(磁通密度)	特[斯拉]	T	高斯	Gs	1高斯=10^{-4}特
磁场强度	安培每米	A/m	奥斯特 楞次	Oe	1奥斯特=1 000/4 π安/米 1楞次=1安/米
物质的量	摩[尔]	mol	克原子,克分子,克当量,克式量		
发光强度	坎[德拉]	cd	烛光，支光，支		
光照度	勒[克斯]	lx	辐透	ph	1辐透=10^4勒
光亮度			熙提	sb	1熙提=10^4坎/米^2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	居里	Ci	1居里=3.7×10^{10}贝可
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	拉德	rad	1拉德=10^{-2}戈
剂量当量	希[沃特]	Sv	雷姆	rem	1雷姆=10^{-2}希
照射量	库仑每千克	C/kg	伦琴	R	1伦琴=2.58×10^{-4}库/千克

* 蒲式耳、配克只用于固体。
** 用于液体 1 加仑 =277.274 立方英寸(英)=231 立方英寸(美)。
用于固体 1 加仑 =277.274 立方英寸(英)=268.803 立方英寸(美)。

元 素 周 期 表

说 明

①原子量录自1999年国际原子量表，以$^{12}C=12$为基准。原子量的末位数的准确度加注在其后括号内。

②括号内数据是天然放射性元素较重要的同位素的质量数或人造元素半衰期最长的同位数的质量数。

原子序数 ← 19 K → 元素符号

钾 → 元素名称

原子量 ← 39.0983

注＊的是人造元素

族 / 周期	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0	电子层	0族电子数
1	1 H 氢 1.00794(7)																	2 He 氦 4.002602(2)	K	2
2	3 Li 锂 6.941(2)	4 Be 铍 9.012182(3)											5 B 硼 10.811(7)	6 C 碳 12.0107(8)	7 N 氮 14.0067(2)	8 O 氧 15.9994(3)	9 F 氟 18.9984032(5)	10 Ne 氖 20.1797(6)	L K	8 2
3	11 Na 钠 22.989770(2)	12 Mg 镁 24.3050(6)											13 Al 铝 26.981538(2)	14 Si 硅 28.0855(3)	15 P 磷 30.973761(2)	16 S 硫 32.065(5)	17 Cl 氯 35.453(2)	18 Ar 氩 39.948(1)	M L K	8 8 2
4	19 K 钾 39.0983(1)	20 Ca 钙 40.078(4)	21 Sc 钪 44.955910(8)	22 Ti 钛 47.867(1)	23 V 钒 50.9415(1)	24 Cr 铬 51.9961(6)	25 Mn 锰 54.938049(9)	26 Fe 铁 55.845(2)	27 Co 钴 58.933200(9)	28 Ni 镍 58.6934(2)	29 Cu 铜 63.546(3)	30 Zn 锌 65.39(2)	31 Ga 镓 69.723(1)	32 Ge 锗 72.64(1)	33 As 砷 74.92160(2)	34 Se 硒 78.96(3)	35 Br 溴 79.904(1)	36 Kr 氪 83.80(1)	N M L K	8 18 8 2
5	37 Rb 铷 85.4678(3)	38 Sr 锶 87.62(1)	39 Y 钇 88.90585(2)	40 Zr 锆 91.224(2)	41 Nb 铌 92.90638(2)	42 Mo 钼 95.94(1)	43 Tc 锝 (97.99)	44 Ru 钌 101.07(2)	45 Rh 铑 102.90550(2)	46 Pd 钯 106.42(1)	47 Ag 银 107.8682(2)	48 Cd 镉 112.411(8)	49 In 铟 114.818(3)	50 Sn 锡 118.710(7)	51 Sb 锑 121.760(1)	52 Te 碲 127.60(3)	53 I 碘 126.90447(3)	54 Xe 氙 131.293(6)	O N M L K	8 18 18 8 2
6	55 Cs 铯 132.90545(2)	56 Ba 钡 137.327(7)	57—71 La-Lu 镧系	72 Hf 铪 178.49(2)	73 Ta 钽 180.9479(1)	74 W 钨 183.84(1)	75 Re 铼 186.207(1)	76 Os 锇 190.23(3)	77 Ir 铱 192.217(3)	78 Pt 铂 195.078(2)	79 Au 金 196.96655(2)	80 Hg 汞 200.59(2)	81 Tl 铊 204.3833(2)	82 Pb 铅 207.2(1)	83 Bi 铋 208.98038(2)	84 Po 钋 (209, 210)	85 At 砹 (210)	86 Rn 氡 (222)	P O N M L K	8 18 32 18 8 2
7	87 Fr 钫 (223)	88 Ra 镭 (226)	89—103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𬬻* (261)	105 Db 𬭊* (262)	106 Sg 𬭳* (263)	107 Bh 𬭛* (264)	108 Hs 𬭶* (265)	109 Mt 鿏* (268)	110 Ds 𫟼* (269)	111 Uuu * (272)	112 Uub * (277)								

镧系	57 La 镧 138.9055(2)	58 Ce 铈 140.116(1)	59 Pr 镨 140.90765(2)	60 Nd 钕 144.24(3)	61 Pm 钷* (147)	62 Sm 钐 150.36(3)	63 Eu 铕 151.964(1)	64 Gd 钆 157.25(3)	65 Tb 铽 158.92534(2)	66 Dy 镝 162.50(3)	67 Ho 钬 164.93032(2)	68 Er 铒 167.259(3)	69 Tm 铥 168.93421(2)	70 Yb 镱 173.04(3)	71 Lu 镥 174.967(1)
锕系	89 Ac 锕 (227)	90 Th 钍 232.0381(1)	91 Pa 镤 231.03588(2)	92 U 铀 238.02891(3)	93 Np 镎 (237)	94 Pu 钚 (239,244)	95 Am 镅* (243)	96 Cm 锔* (247)	97 Bk 锫* (247)	98 Cf 锎* (251)	99 Es 锿* (252)	100 Fm 镄* (257)	101 Md 钔* (258)	102 No 锘* (259)	103 Lr 铹* (260)